

Verletzungsrisiko bei der Verladung von
Masthühnern – „manueller Fang“ vs.
„maschineller Fang“

von

Julia Mönch

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

Verletzungsrisiko bei der Verladung von Masthühnern – „manueller Fang“ vs. „maschineller Fang“

von

Julia Mönch

aus Heidenheim an der Brenz

München 2021

Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der Tierärztlichen
Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung

Arbeit angefertigt unter der Leitung von: Univ.-Prof. Dr. Dr. Michael Erhard

Mitbetreuung durch: Prof. Dr. Helen Louton und PD Dr. Elke Rauch

Gedruckt mit der Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität München

Dekan: Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Dr. Michael Erhard

Korreferent/en: Priv.-Doz. Dr. Veronika Goebel

Tag der Promotion: 06. Februar 2021

dem „Hühnervogel“

INHALTSVERZEICHNIS

I.	EINLEITUNG	9
II.	ERWEITERTE LITERATURÜBERSICHT	11
1.	Tierwohlindikatoren beim Masthuhn	11
1.1.	Fangbedingte Verletzungen als Indikatoren.....	11
1.2.	Dead-On-Arrival (DOA) als Indikator.....	11
1.3.	Schlachtkörperqualität als Indikator.....	12
2.	Art fangbedingter Verletzungen und DOA beim Masthuhn	12
2.1.	Hämatome (Flügel/Rumpf/Bein).....	12
2.2.	Frakturen/Luxationen (Flügel/Bein)	14
2.3.	Dead-On-Arrival (DOA)	14
2.4.	Verletzungen der inneren Organe	15
3.	Erfassung fangbedingter Verletzungen beim Masthuhn.....	15
3.1.	Prämortale Untersuchung.....	16
3.2.	Postmortale Untersuchung	16
3.2.1.	Verletzungen am Schlachtkörper (visuell).....	16
3.2.2.	Verletzungen am Schlachtkörper (software-gestützte Kamerasysteme)....	17
4.	Einflussfaktoren für fangbedingter Verletzungen und DOA.....	17
4.1.	Fangbedingte Verletzungen.....	18
4.2.	Dead-On-Arrival (DOA)	18
III.	TIERE, MATERIAL UND METHODEN	20
1.	Erweiterte Beschreibung der Tiere und des Materials.....	20
1.1.	Betriebe und Tiere.....	20
1.2.	Verladetechnik	21
1.2.1.	„Manueller Fang“	21
1.2.2.	„Maschineller Fang“	21
1.2.3.	Transportsysteme	22
1.3.	Schlachthof.....	23
2.	Erweiterte Beschreibung der Methodik.....	23
2.1.	Untersuchungen auf dem Betrieb.....	23
2.1.1.	Erfassung von Verletzungen	23

2.1.2.	Dokumentation der äußeren Bedingungen bei Verladung	26
2.2.	Untersuchungen am Schlachthof.....	27
2.2.1.	Verletzungen am Schlachtkörper (visuell).....	27
2.2.2.	Verletzungen am Schlachtkörper (software-gestütztes Kamerasystem) und Erfassung der DOA	29
IV.	PUBLIZIERTE STUDIENERGEBNISSE	30
V.	ERWEITERTE ERGEBNISSE	50
1.	Erfassung fangbedingter Verletzungen beim Masthuhn.....	50
1.1.	Prämortale Untersuchung.....	52
1.2.	Postmortale Untersuchung	52
1.2.1.	Verletzungen am Schlachtkörper (visuell).....	52
1.2.2.	Verletzungen am Schlachtkörper (software-gestütztes Kamerasystem)....	54
1.3.	Vergleich der Untersuchungsebenen (prä mortal, postmortal visuell/ software-gestütztes Kamerasystem)	55
2.	Einflussfaktoren für fangbedingte Verletzungen und DOA	57
2.1.	Verletzungen am Schlachtkörper (visuell).....	57
2.2.	DOA	59
VI.	ERWEITERTE DISKUSSION	61
1.	Erfassung fangbedingter Verletzungen beim Masthuhn.....	61
1.1.	Prämortale Untersuchung.....	61
1.2.	Postmortale Untersuchung	61
1.2.1.	Verletzungen am Schlachtkörper (visuell).....	61
1.2.2.	Verletzungen am Schlachtkörper (software-gestütztes Kamerasystem)....	63
1.3.	Vergleich der Untersuchungsebenen (prä mortal, postmortal visuell/software-gestütztes Kamerasystem)	64
2.	Einflussfaktoren für fangbedingte Verletzungen und DOA	65
2.1.	Verletzungen am Schlachtkörper (visuell).....	66
2.2.	DOA	68
VII.	SCHLUSSFOLGERUNG	69
VIII.	ZUSAMMENFASSUNG	71
IX.	SUMMARY	74

X.	ERWEITERTES LITERATURVERZEICHNIS.....	77
XI.	ANHANG	83
1.	Abbildungsverzeichnis.....	83
1.1.	Abbildungen aus den Kapiteln	83
1.2.	Abbildungen und Tabellen in den bereits publizierten Ergebnissen (Kapitel IV)	83
XII.	ABKÜRZUNGEN	86
XIII.	DANKSAGUNG	87

I. EINLEITUNG

Wie in vielen Bereichen der modernen Landwirtschaft Europas, fand auch in der deutschen Masthuhn-Haltung in den letzten Jahrzehnten ein struktureller Wandel statt. Während die Zahl an Mastbetrieben sank, stieg gleichzeitig die Zahl an Mastplätzen in Deutschland stetig an, was auf eine Veränderung der Bestandsgrößen zurückzuführen ist (GOCKE, 2000; THOBE et al., 2019).

Gleichzeitig kam es zu einer lokalen geographischen Verdichtung der Masthuhn-Haltung in Deutschland (THOBE et al., 2019). Heute wird der Großteil des in Deutschland produzierten Hähnchenfleisches innerhalb „vollständiger Integrationen“ produziert (PREISINGER, 2005). Dabei handelt es sich um eine sogenannte vertikale Integration, was bedeutet, dass sich verschiedene Produktionsstufen eines Wirtschaftszweiges unter einem unternehmerischen Dach befinden (WINDHORST, 2020). Im Falle der Hähnchenfleischproduktion bedeutet dies, dass die Produktionsstufen der Küken-Erzeugung (Brütereier), die Aufzucht beziehungsweise Mast der Tiere sowie die Schlachtung der Integration angehören. Ein wesentlicher Vorteil hierbei ist unter anderem die Überwindung logistischer Schwierigkeit bei der Planung und Durchführung termingerechter Lieferungen des Endproduktes an den Einzelhandel (PREISINGER, 2005). Eine wesentliche Konsequenz aus dem genannten Strukturwandel im Bereich der Hühnermast ist, dass die Zahl schlachtreifer Masthühner, die während einer einzelnen Verladung gefangen werden müssen, massiv zugenommen hat. Gleichzeitig besteht ein Zeitdruck auf Grund einer straff organisierten Verarbeitungskette. Außerdem führt ein seit Jahren währender Preiskampf in der Fleischindustrie zu einem hohen wirtschaftlichen Druck auf die Produktion (HANSEN et al., 2006). Es ist also erforderlich, eine geeignete Methode zu finden, um die Verladung großer Zahlen an Masthühnern so ökonomisch wie möglich bewältigen zu können. Gleichzeitig darf dabei das Tierwohl nicht auf der Strecke bleiben und so muss an der Entwicklung einer möglichst tierschonenden und gleichzeitig wirtschaftlich tragbaren Verlademethode gearbeitet werden. Dies führte bereits in den Sechziger Jahren des letzten Jahrhunderts zur Entwicklung erster mechanisierter Verlademethoden (LACY und CZARICK, 1998). In den folgenden Jahrzehnten wurden verschiedene mechanisierte Verladetechniken konstruiert und getestet (DE KONING et al., 1987; BAYLISS und HINTON, 1990; KETTLEWELL und MITCHELL, 1994; LACY und CZARICK, 1998; KNIERIM und GOCKE, 2003; NIJDAM et al., 2005). Die in

Deutschland aktuell häufiger praktizierte Form der Masthuhn-Verladung stellt jedoch der manuelle Fang durch kommerzielle Fangkolonnen dar (KNIERIM und GÖCKE, 2003; LANGKABEL et al., 2015).

In der vorliegenden Arbeit war das Ziel, durch die Untersuchung des Verletzungsrisikos sowie den äußeren Einflüssen auf die Tiere während der Verladung, die beiden Formen der Masthuhn-Verladung, manuelle und maschinelle, hinsichtlich relevanter Tierwohlindikatoren zu vergleichen. Weiterhin wurden die verschiedenen Methoden bzw. Zeitpunkte der Beurteilung (Stall/Schlachtband, visuell/Schlachtband, Iris-Kamera) von Tierschutzindikatoren zur Bewertung von Verladeschäden evaluiert.

II. ERWEITERTE LITERATURÜBERSICHT

1. Tierwohlintikatoren beim Masthuhn

Unter Tierwohlintikatoren werden allgemein messbare Parameter verstanden, die der Erfassung eines erhöhten Belastungsaufkommens der Tiere während eines Produktionsabschnittes dienen sollen (WELFARE QUALITY®, 2009; BAUMGARTE, 2014). Ein Produktionsabschnitt mit potenziell erhöhtem Belastungsaufkommen stellt beispielsweise die Verladung von Tieren dar. Im Folgenden werden Tierwohlintikatoren beschrieben, die Hinweise auf mangelhaften Tierschutz während des Handlings beim Verladen bis zur Schlachtung schlachtreifer Masthühner geben können.

1.1. Fangbedingte Verletzungen als Indikatoren

Eine messbare Größe zur Feststellung von Tierwohl ist die Häufigkeit von Verletzungen, die während eines Produktionsschrittes auftreten können (NICOL und SCOTT, 1990). Durch das Verladen und den Transport von Masthühnern kann es zu Verletzungen an den Tieren kommen. Dies zeigten zahlreiche Studien aus der Vergangenheit (HAL TAYLOR und HELBACKA, 1968; DE KONING et al., 1987; LACY und CZARICK, 1998; KNIERIM und GOCKE, 2003; NIJDAM et al., 2005; LANGKABEL et al., 2015). Fangbedingte Verletzungen sind ein relevanter Tierwohlintikator, nicht zuletzt auch deshalb, weil in der EU verletzte Tiere, die sich nicht schmerzfrei bewegen können, als nicht mehr transportfähig gelten (EUROPARAT, 2005). Außerdem gilt in Deutschland das TierSchG (2006), welches vorgibt, dass ohne vernünftigen Grund keinem Tier Schmerzen zugefügt werden dürfen. Vermeidbare Schmerzen, in Folge vermeidbarer Verletzungen, sind also gesetzeswidrig.

1.2. Dead-On-Arrival (DOA) als Indikator

Ein weiterer Aspekt aus Sicht des Tierschutzes ist die Anzahl der Tiere, die tot am Schlachthof ankommen, genannt Dead on Arrival (DOA). Diese Tiere können nicht mehr dem menschlichen Verzehr zugeführt werden und müssen verworfen werden (BAYLISS und HINTON, 1990). NICOL und SCOTT (1990) identifizierten bereits in ihrer Arbeit von 1990 die Zahl der DOA als einen wichtigen Indikator für das Maß an

Tierwohl während der Phase der Verladung bis zur Schlachtung. Bestätigt wird dies durch einige Studien aus der Vergangenheit, die zeigen konnten, dass die Zahl der DOA durch verschiedene Faktoren, denen die Tiere während der Verladung und des Transports ausgesetzt sind, beeinflusst werden können (NIJDAM et al., 2004; VECEREK et al., 2006; LUND et al., 2013; KITTELSEN et al., 2015; RAMAKRISHNAN et al., 2018). Somit stellt die Zahl der DOA einen guten Indikator für die Beurteilung von Tierschutzproblemen während der Phase der Verladung bis hin zum Zeitpunkt der Schlachtung dar.

1.3. Schlachtkörperqualität als Indikator

Merkmale der Schlachtkörperqualität sind sowohl Parameter der Fleischqualität als auch der Beschaffenheit des Schlachtkörpers (ADZITEY, 2011). Die Schlachtkörperqualität wird durch verschiedene Faktoren beeinflusst, unter anderem durch die Belastungen, denen die Tiere während der letzten Phase ihres Lebens ausgesetzt sind. Das Handling der Tiere während der Verladung und dem Transport kann die Schlachtkörperqualität beeinflussen (NICOL und SCOTT, 1990; ADZITEY, 2011).

2. Art fangbedingter Verletzungen und DOA beim Masthuhn

In früheren Studien zur Häufigkeit fangbedingter Verletzungen wurden unter anderem Hämatome an den Flügeln, Beinen und der Brust erfasst (KNIERIM und GOCKE, 2003; NIJDAM et al., 2004; GOUVEIA et al., 2009; MUSILOVÁ et al., 2013; LANGKABEL et al., 2015). Von einigen Autoren dieser Studien wurde außerdem die Häufigkeit von Frakturen an den Flügeln (KNIERIM und GOCKE, 2003; MUSILOVÁ et al., 2013; LANGKABEL et al., 2015) und Beinen dokumentiert (KNIERIM und GOCKE 2003; MUSILOVÁ et al., 2013). Auch Verletzungen innerer Organe können eine mögliche Folge des Fangens der Tiere sein (KITTELSEN et al., 2015).

2.1. Hämatome (Flügel/Rumpf/Bein)

Allgemein versteht man unter einem Hämatom eine extravasale Blutansammlung, zum Beispiel in Folge eines Traumas und einer damit verbundenen Verletzung subkutan gelegener Blutgefäße, unabhängig von der Lokalisation (NORTHCUTT et al., 2000; COCKRAM und DULAL, 2018). NIJDAM et al. (2005) versteht unter einem Hämatom eine Verfärbung der Haut, welche einen Hinweis auf die Anwesenheit von Blut im

Gewebe gibt. Dabei ist die Farbe des Hämatoms für die Beurteilung des Alters und damit für den möglichen Zeitpunkt der Entstehung von Bedeutung (NORTHCUTT et al., 2000). Grünliche Verfärbungen deuten auf den Abbau des roten Blutfarbstoffs Hämoglobin und damit auf einen länger zurückliegenden Zeitpunkt der Entstehung hin (HAMDY et al., 1961). Aus diesem Grund können grünliche Hämatome nicht als fangbedingt gewertet werden (KNIERIM und GOCKE, 2003). Für die Vergleichbarkeit der Ergebnisse früherer Studien ist entscheidend, ab welcher Größe ein Hämatom auch als solches gewertet wird. NIJDAM et al. (2005) definierten die zu dokumentierenden Hämatome gemäß der in Holland geltenden gesetzlichen Vorgaben. Demnach ist eine Verfärbung der Haut am Flügel erst ab einer Größe von 2cm² als Hämatom zu verstehen. Diese Größendefinition gilt auch für die Ergebnisse von KNIERIM und GOCKE (2003) sowie GOUVEIA et al. (2009). LANGKABEL et al. (2015) dagegen definierten Klassen der prozentualen Flächenausdehnung für die gewerteten Hämatome. Es gibt jedoch auch Studien ohne genauere Angaben zur Definition der Farbe oder Größe der gewerteten Hämatome (HAL TAYLOR und HELBACKA, 1968; MUSILOVÁ et al., 2013). Frühere Studien geben sehr unterschiedliche Zahlen für die Prävalenz von Hämatomen infolge von Verladungen an. So berichten HAL TAYLOR und HELBACKA (1968) von durchschnittlich bis zu 28,40% der Tiere einer Herde, die infolge der Verladung ein Hämatom aufwiesen. Andere Studien differenzieren die Lokalisation des festgestellten Hämatoms genauer und geben deutlich niedrigere Zahlen beispielsweise für die Prävalenz von Hämatomen am Flügel an (KNIERIM und GOCKE, 2003; NIJDAM et al., 2005; LANGKABEL et al., 2015). Eine Studie aus den Niederlanden erfasste durchschnittlich bis zu 8,40% Hämatome am Flügel pro Herde (NIJDAM et al., 2005). Auch an der Brust und den Beinen wurden in der Vergangenheit Hämatome diagnostiziert (KNIERIM und GOCKE, 2003; NIJDAM et al., 2005; MUSILOVÁ et al., 2013). Dabei sind die Ergebnisse früherer Studien bezüglich der Häufigkeit gegensätzlich. MUSILOVÁ et al. (2013) detektierten mehr Hämatome an der Brust, verglichen mit der Zahl der Hämatome an den Beinen. KNIERIM und GOCKE (2003) dagegen stellten mit einem Wert von 1,20% mehr Hämatome an den Beinen nach manuellem Fang fest, verglichen mit dem Wert von 0,30% für die Hämatome an der Brust. Diese Ergebnisse decken sich in etwa mit den Ergebnissen von NIJDAM et al. (2005).

2.2. Frakturen/Luxationen (Flügel/Bein)

Frakturen von Knochen oder Luxationen von Gelenken sind Dislokationen von Knochenstrukturen aus ihrer physiologischen Position. Infolge der Verladung und des Transports wurden in der Vergangenheit Frakturen der Flügel (KNIERIM und GÖCKE, 2003; MUSILOVÁ et al., 2013; LANGKABEL et al., 2015) und Beine (KNIERIM und GÖCKE, 2003; MUSILOVÁ et al., 2013) beobachtet. Eine Studie zum Vergleich des ein-beinigen mit dem zwei-beinigen Fangen der Masthühner ergab, dass je nach Fangkolonne durchschnittlich bis zu 4,74% der Tiere aus dem Vorgriff und 13,97% der Tiere nach der Schwermast eine Fraktur am Flügel aufweisen können (LANGKABEL et al., 2015). Diese Zahlen unterscheiden sich deutlich von den Ergebnissen anderer Studien, welche für die Prävalenz von Frakturen Werte von durchschnittlich 0,77% (KNIERIM und GÖCKE, 2003) und weniger (MUSILOVÁ et al., 2013) bei manuell verladenen Tiere angeben. KNIERIM und GÖCKE (2003) beobachteten in ihrer Studie zum Vergleich von maschinell mit dem manuellen Verladen von Masthühnern auch Frakturen an den Beinen. So wiesen 0,03% der Tiere nach maschinell Verladen und 0,10% der Tiere nach manuellem Verladen eine Fraktur am Bein auf. MUSILOVÁ et al. (2013) dagegen konnten weder nach manueller noch nach maschineller Verladung eine Fraktur an den Beinen diagnostizieren. Zusätzlich zu der Häufigkeit von Frakturen wurde von manchen Autoren auch die Häufigkeit von Luxationen von Gelenken an Flügeln und Beinen untersucht. Hier werden für die Flügel Werte von durchschnittlich 2,15% nach maschineller Verladung und 1,38% nach manueller Verladung angegeben (MUSILOVÁ et al., 2013). Die in der Literatur angegebenen Prävalenzen von Luxationen an den Beinen sind nahe Null (KNIERIM und GÖCKE, 2003; MUSILOVÁ et al., 2013).

2.3. Dead-On-Arrival (DOA)

Für die Verluste durch DOA werden in der Literatur unterschiedliche Zahlen angegeben. HASLAM et al. (2008) erfasste bis zu 0,64% DOA bei einer Verladung. Der Durchschnitt in dieser Studie lag bei 0,12% und ist vergleichbar mit den Ergebnissen aus dem Untersuchungszeitraum 2001 von WARRISS et al. (2005), liegt aber leicht über dem Ergebnis von KITTELSEN et al. (2015), in deren Untersuchung durchschnittlichen 0,09% DOA festgestellt wurden. Die von weiteren Autoren angegebenen Zahlen für den durchschnittlichen Verlust während der Verladung und des Transportes (DOA) bewegen sich zwischen 0,30% und 0,68% (KNIERIM und GÖCKE, 2003; NIJDAM et al., 2004; RITZ et al., 2005; LUND et al., 2013; JACOBS et al.,

2017a). Dabei ist jedoch zu beachten, dass diese Studien nicht alle nach der gleichen Methode die Zahl der DOA ermittelt haben. Einige Autoren berechnen die Zahl der DOA auf Herdenebene (KNIERIM und GÖCKE, 2003; NIJDAM et al., 2004; HASLAM et al., 2008; LUND et al., 2013; KITTELSEN et al., 2015; JACOBS et al., 2017a). RITZ et al. (2005) berechneten die Zahl der DOA pro LKW und WARRISS et al. (2005) aus der Gesamtheit aller im Untersuchungszeitraum am Schlachthof angekommenen toten Tiere bezogen auf die Gesamtheit aller in diesem Zeitraum geschlachteten Tiere.

2.4. Verletzungen der inneren Organe

Es existiert nur wenig Literatur, die sich mit der Häufigkeit von Verletzungen der inneren Organe nach der Verladung beschäftigt. Die Häufigkeit von traumatischen Verletzungen der inneren Organe wurde bisher vor allem in Studien untersucht, die sich mit den pathologischen Veränderungen von Masthühnern beschäftigten die tot am Schlachthof angeliefert wurden (NIJDAM et al., 2006; LUND et al., 2013; KITTELSEN et al., 2015). Leberupturen, in Verbindung mit intraabdominalen Hämorrhagien, sind dabei eine der am häufigsten genannten Verletzungen der inneren Organe von DOA (NIJDAM et al., 2006; KITTELSEN et al., 2015; COCKRAM und DULAL, 2018). Eine Studie aus Norwegen, von KITTELSEN et al. (2015) ergab, dass 51,40% aller dort festgestellten Traumata bei DOA Tieren eine Leberuptur waren. In der Studie von LUND et al. (2013) wiesen 14,60% aller untersuchten DOA Tieren eine Leberuptur auf.

3. Erfassung fangbedingter Verletzungen beim Masthuhn

Die Erfassung fangbedingter Verletzungen muss, um sicher zu stellen, dass es sich um Verletzungen handelt, die unmittelbar mit dem Prozess der Verladung in Zusammenhang stehen, noch auf dem Betrieb stattfinden. Werden die Tiere erst am Schlachthof untersucht, so kann nicht sicher zugeordnet werden, welche Verletzung vom Prozess der Verladung stammt und welche während des Transports oder während des Auslade- und Betäubungsvorgangs am Schlachthof entstanden sind (COCKRAM und DULAL, 2018). Dennoch basieren zahlreiche Ergebnisse von Studien zum Thema fangbedingte Verletzungen auf den Zahlen postmortaler Untersuchungen am Schlachthof.

3.1. Prämortale Untersuchung

Die Untersuchung der Tiere direkt nach der Verladung noch auf dem jeweiligen Betrieb ermöglicht eine genauere Eingrenzung des Entstehungszeitraums. In der Literatur findet man hauptsächlich Studien zur Verletzungshäufigkeit von Masthühnern, deren Ergebnisse sich auf Untersuchungen der Tiere post mortem am Schlachthof stützen (HAL TAYLOR und HELBACKA, 1968; DE KONING et al., 1987; KNIERIM und GOCKE, 2003; NIJDAM et al., 2004; MUSILOVÁ et al., 2013; LANGKABEL et al., 2015). JACOBS et al. (2017b) dagegen untersuchten die Tiere auf verschiedenen Prozessstufen. Unter anderem wurden die Tiere hier direkt nach der Verladung in die Transportkisten noch auf dem Betrieb untersucht. Durchschnittlich 1,88% der Tiere einer Herde wiesen hier direkt nach Verladung eine Fraktur des Flügels auf. Des Weiteren wurden in dieser Studie die Tiere am Schlachthof nach Transport und Wartezeit, aber noch vor der Schlachtung untersucht. Mit durchschnittlich 1,90% unterschied sich der Anteil an Tieren mit einer Fraktur am Flügel nur leicht von dem Wert, der vor dem Transport erfasst wurde.

3.2. Postmortale Untersuchung

Bei der Untersuchung auf Verletzungen nach der Schlachtung am Schlachtband ist zu berücksichtigen, dass mehrere Faktoren die erhobenen Zahlen beeinflussen können. So kann die Art der Betäubung die Häufigkeit von Defekten am Schlachtkörper beeinflussen (BILGILI, 1992; RAJ et al., 1997; JOSEPH et al., 2013). Aber nicht nur die Art der Betäubung, sondern auch, wie die jeweilige Betäubungsmethode durchgeführt wird, kann einen Einfluss auf die Häufigkeit festgestellter Verletzungen haben. ALI et al. (2007) konnten zeigen, dass bei der elektrischen Betäubung die Höhe der verwendeten Stromspannung einen Einfluss auf die Prävalenz gebrochener Flügel haben kann. Außerdem ist zu berücksichtigen, in welchem Abschnitt des Schlachtprozesses die Detektion der Verletzungen stattgefunden hat. Weiterhin spielt die Methode der Erfassung der Verletzungen eine wichtige Rolle. In der Vergangenheit wurde sowohl visuell durch eine Person (KNIERIM und GOCKE, 2003; NIJDAM et al., 2004; GOUVEIA et al., 2009; MUSILOVÁ et al., 2013) als auch mit Hilfe von software-gestützten Kamerasystemen untersucht (LANGKABEL et al., 2015).

3.2.1. Verletzungen am Schlachtkörper (visuell)

Die visuelle Erfassung der Verletzungen am Schlachtkörper kann zu unterschiedlichen Zeitpunkten am Schlachtband durchgeführt werden. Eine Möglichkeit ist, den von den

Federn befreien Schlachtkörper direkt nach der Rupfmaschine zu untersuchen (GOUVEIA et al., 2009; JACOBS et al., 2017b). Es ist aber auch möglich in späteren Abschnitten der Schlachtkörperverarbeitung die Daten zu erheben. KNIERIM und GÖCKE (2003) und MUSILOVÁ et al. (2013) erfassten die Zahl der Verletzungen zum Beispiel erst nach der Eviszeration.

3.2.2. Verletzungen am Schlachtkörper (software-gestützte Kamerasysteme)

Bereits in den neunziger Jahren wurden Studien zur Etablierung software-gestützter Kamerasysteme am Schlachthof durchgeführt (CHAO et al., 2011). Diese sollten zur Beurteilung der Schlachtkörperqualität am Schlachtband eingesetzt werden (UIJTENBOOGAART und PIETERSE, 1999; CHAO et al., 2003; CHAO et al., 2011). Sie wurden ursprünglich entwickelt, um bei hohen Schlachtbandgeschwindigkeiten die Einteilung in genusstaugliche und nicht-genusstaugliche Schlachtkörper zu erleichtern (CHAO et al., 2011). Heute kommen an kommerziellen Schlachthöfen immer häufiger software-gestützte Kamerasysteme bei der Beurteilung von Schlachtkörpern zum Einsatz. LANGKABEL et al. (2015) verwendeten für ihre vergleichende Studie zum ein-beinigen mit dem zwei-beinigen Fangen ein solches Kamerasystem. Hier wurden eigens für die Studie entwickelte Standards verwendet, nach welchen die Kamera die Verletzungen einteilte.

4. Einflussfaktoren für fangbedingter Verletzungen und DOA

Während der Mast ist die Umwelt, in der die Tiere leben, relativ konstant. Auch haben die Tiere während dieser Zeit, mit Ausnahme des Landwirtes, nur wenig Kontakt zum Menschen. Dies ändert sich am Tag der Verladung. Neben einem erheblich größeren Personenaufkommen im Stall ändern sich auch die Geräuschkulisse sowie die Temperatur, das Licht und der Staubgehalt der Luft. Aber gerade der Parameter Licht kann das Tierverhalten hinsichtlich Abwehrverhalten ganz erheblich beeinflussen, wie eine Studie zum Abwehrverhalten bei Betäubung am Schlachtband unter verschiedenen Lichtintensitäten zeigen konnte (JONES et. al, 1998). Ein gesteigertes Abwehrverhalten der Tiere kann das Risiko für die Entstehung von Verletzungen und damit auch das Risiko des Versterbens der Tiere zwischen der Verladung auf dem Betrieb und dem Zeitpunkt der Schlachtung (DOA) erhöhen.

4.1. Fangbedingte Verletzungen

Bei den Einflussfaktoren auf die fangbedingten Verletzungen muss unterschieden werden zwischen solchen Faktoren, die durch das Tier bzw. die Konstitution der jeweiligen Herde selbst vorgegeben sind und den Faktoren, die durch äußere Bedingungen bei Verladung gegeben sind. Bei den durch die Herde selbst vorgegebenen Faktoren ist in der Vergangenheit das Durchschnittsgewicht der Herde bei der Schlachtung, als ein wichtiger Einflussfaktor genannt worden (LANGKABEL et al., 2015; COCKRAM und DULAL, 2018). Auch das Geschlecht und das Alter der Tiere zeigten Einfluss auf die Verletzungsprävalenz (COCKRAM und DULAL, 2018). Als ein äußerer Einflussfaktor wurde die Art der Verladetechnik genannt (KNIERIM und GOCKE, 2003), wobei unterschieden wurde zwischen dem manuellen und dem maschinellen Verladen (KNIERIM und GOCKE, 2003; NIJDAM et al., 2005), sowie beim manuellen Verladen zwischen dem ein-beinigen und zwei-beinigen Fangen (LANGKABEL et al., 2015). Neben der Wahl der Verladetechnik kann auch die Verladegeschwindigkeit (COCKRAM und DULAL, 2018) sowie die Gesamtdauer der Verladung und das Personal selbst einen Einfluss auf das Verletzungsrisiko haben (JACOBS et al., 2017b; COCKRAM und DULAL, 2018). Des Weiteren zeigten NIJDAM et al. (2004), dass auch die Saison, die Außentemperatur und die Tageszeit das Verletzungsrisiko beeinflussen können. Auch andere Autoren stellten einen Einfluss der Tageszeit fest (HAL TAYLOR und HELBACKA, 1968; JACOBS et al., 2017b; COCKRAM und DULAL, 2018).

4.2. Dead-On-Arrival (DOA)

Verschiedene Studien haben sich mit möglichen Faktoren beschäftigt, die die Zahl der DOA beeinflussen können (NIJDAM et al., 2004; WARRISS et al., 2005; PETRACCI et al., 2006; VECEREK et al., 2006; WHITING et al., 2007; HASLAM et al., 2008; OBA et al., 2009; CHAUVIN et al., 2011; ELSAYED, 2014; FREITAS et al., 2016; CAFFREY et al., 2017; JACOBS et al., 2017a; KITTELSEN et al., 2017; RAMAKRISHNAN et al., 2018). Laut BAYLISS und HINTON (1990) gibt es drei Haupteinflussgrößen für DOA bei Masthühnern: Gesundheitsstatus der Herde, Hitzestress beim Transport und vorliegende Verletzungen wie Traumata. Es kann also auch hier zwischen Einflussfaktoren, die durch die Herde selbst vorgegeben sind und äußeren Einflussfaktoren unterschieden werden. Als ein wichtiger herdenspezifischer Einflussfaktor wurde in der Vergangenheit immer wieder das Körpergewicht der Tiere am Schlachttag genannt (NIJDAM et al., 2004; HASLAM et al., 2008; CHAUVIN et

al., 2011; CAFFREY et al., 2017). Außerdem wurden die Herdengröße (NIJDAM et al., 2004; CHAUVIN et al., 2011; KITTELSEN et al., 2017) und die kumulative Mortalität während der Aufzucht (WHITING et al., 2007; HASLAM et al., 2008; CHAUVIN et al., 2011; JACOBS et al., 2017a) als Einflussfaktoren genannt. HASLAM et al. (2008) erwähnen außerdem die Genetik, die Fütterung sowie die Zahl der Impfungen während der Aufzucht als mögliche herdenspezifische Einflussfaktoren auf die tot am Schlachthof angelieferten Tiere. Als wichtige äußere Einflussfaktoren werden die Saison und damit einhergehend die Temperatur von zahlreichen Autoren genannt (NIJDAM et al., 2004; WARRISS et al., 2005; PETRACCI et al., 2006; VECEREK et al., 2006; WHITING et al., 2007; HASLAM et al., 2008; CHAUVIN et al., 2011; ELSAYED, 2014; FREITAS et al., 2016; CAFFREY et al., 2017; RAMAKRISHNAN et al., 2018). Des Weiteren werden in der Literatur, die Dauer des Transports bzw. die Entfernung des Aufzuchtbetriebs vom Schlachthof (NIJDAM et al., 2004; VECEREK et al., 2006; WHITING et al., 2007; OBA et al., 2009; ELSAYED, 2014; CAFFREY et al., 2017; KITTELSEN et al., 2017) sowie die Besatzdichte während des Transports (NIJDAM et al., 2004; WHITING et al., 2007; CHAUVIN et al., 2011), als mögliche Einflussfaktoren angesehen.

III. TIERE, MATERIAL UND METHODEN

Die Erhebung der Daten erfolgte ausschließlich in bayrischen Betrieben (Süddeutschland) von Dezember 2016 bis August 2017. Dafür wurden 24 Verladungen von Masthühnern nach konventioneller Schwermast unter Feldbedingungen untersucht. 12 der 24 Verladungen fanden durch professionelle Fangkolonnen „manuell“ statt, 12 weitere wurden mit der Fangmaschine des Typs Apollo Generation 2 (CMC Industries-Ciemmecalabria, Cazzago S. Martino, Italien) „maschinell“ durchgeführt. Ziel war der Vergleich der beiden Fangmethoden hinsichtlich des Verletzungsrisikos und den Bedingungen, denen die Tiere während der Verladung ausgesetzt sind. Hierzu wurden die Tiere direkt nach Verladung, noch auf dem Gelände des jeweiligen Betriebes hinsichtlich Verletzungen untersucht. Anschließend erfolgte der Transport zum Schlachthof. Dort wurde eine weitere Untersuchung der Schlachtkörper auf Verletzungen durchgeführt, um die Untersuchungsmethoden zu evaluieren.

1. Erweiterte Beschreibung der Tiere und des Materials

1.1. Betriebe und Tiere

Ein Auswahlkriterium für die teilnehmenden Betriebe war eine maximale Entfernung von 130 km zum Schlachthof, was einer maximalen Transportdauer von ca. 2 Stunden entsprach. Bei den Betrieben handelte es sich um konventionelle Mastbetriebe mit einer maximalen Besatzdichte von 39kg/m², mit Ausnahme einer Herde, welche bei einer Besatzdichte von 35kg/m² aufgezogen wurde (Herde FM 10). Die Tiere waren auf ein bis acht Stallabteile verteilt. Für das „manuelle Fangen“ wurden die Untersuchungen in elf verschiedenen Betrieben durchgeführt. Dabei nahm ein Betrieb mit zwei Verladungen an der Studie teil. Für die Ergebnisse des „maschinellen Fangs“ wurden Verladungen von sechs verschiedenen Betrieben untersucht, wobei ein Betrieb mit einer Verladung, vier Betriebe mit zwei Verladungen und ein Betrieb mit drei Verladungen an der Studie teilnahmen. Die ausgewählten Herden durften eine maximale kumulative Mortalität von 5% während der Aufzucht nicht überschreiten und auch keine antibiotische Behandlung in den letzten zehn Tagen vor Schlachtung aufweisen. Die Wartezeit am Schlachthof, nach Ankunft bis zur Schlachtung, betrug ca. 1 Stunde. Die untersuchten Masthühner (37 bis 42 Masttage alt, ausschließlich Tiere der Genetik Ross® 308), hatten am Tag der Verladung ein durchschnittliches Lebendgewicht von 2,27 bis 2,76kg. Die Masthühner wurden als Eintagsküken gemischtgeschlechtlich

eingestellt. Sie stammten alle aus der Brüterei Süd ZN der BWE-Brüterei Weser-Ems GmbH & Co. KG in Regenstauf. Diese gehört zur PHW-Gruppe / Lohmann & Co. AG.

1.2. Verladetechnik

Als Verladung gilt im Rahmen dieser Untersuchung die Verladung des gesamten Stalles. Bei Vorhandensein mehrerer Abteile zählte der gesamte Stall (alle Abteile) als Stichprobe. Durchschnittlich wurden pro Betrieb 34.531 Masthühner (min. 18.500 bis max. 67.355) verladen.

1.2.1. „Manueller Fang“

Das „manuelle Fangen“ erfolgte durch kommerzielle Fangkolonnen (mit sechs bis zehn Fängern). Die Fänger fassten die Masthühner an beiden Ständern, trugen sie kopfüber bis zum Container und setzten sie in die Schubladen der Transportcontainer. Das Greifen der Tiere an beiden Ständern war in dieser Studie vorgegeben. Auf diese Weise konnte eine Person pro Griff durchschnittlich drei Masthühner vom Boden aufnehmen. Die Arbeiter der kommerziellen Fangkolonnen entstammten bei jeder Verladung demselben Mitarbeiterpool, bestehend aus 53 Personen. Dabei war die Zusammensetzung der Personen nicht immer dieselbe. Mit Ausnahme von zwei Verladungen bestanden die Kolonnen ausschließlich aus Personen mit Sachkundenachweis, nach § 17 Abs. 2 oder Abs. 5 der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung. Nur bei zwei Verladungen hatte ein Teil der für den Fang eingesetzten Personen nur eine Unterweisung/ Belehrung entsprechend § 17 Abs. 7 der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung.

1.2.2. „Maschineller Fang“

Beim „maschinelle Fang“ kam die Fangmaschine Apollo Generation 2 (CMC INDUSTRIES-CIEMMECALABRIA Cazzago S. Martino, Italien) zum Einsatz. Bei dieser Fangmaschine handelt es sich um ein System aus insgesamt neun Transportbändern, wovon fünf hintereinander geschaltet sind. Auf diesen Transportbändern gelangen die Masthühner vom Boden bis in die Schubladen der Transportcontainer. Über vier parallel verlaufende Fangbänder („Harvesting belts“) werden die Masthühner vom Boden aufgenommen. Diesen schließen sich zwei transversal und sich entgegen laufende Bänder („Transversal belts“) an, die die Tiere jeweils vom linken beziehungsweise vom rechten Rand des Sammelkopfes zum ersten von drei nachfolgenden Transportbändern („Small belt“, „Main belt“, „Caging belt“)

befördern. Die Transportbänder sind im Zentralkanal der Maschine hintereinander angeordnet. Vom letzten der drei Transportbänder, welches im variablen Teil des Zentralkanals verläuft, gelangen die Tiere dann in die entsprechende Schublade des Transportcontainers. Die Masthühner bleiben dabei während des gesamten Vorgangs in aufrechter Körperhaltung und haben auch keinen direkten Körperkontakt zum Verladepersonal. Für die Bedienung der Maschine wurden drei bis vier Personen eingesetzt. Zwei Personen befinden sich auf der Plattform, wo sie das hintere Ende des Zentralkanals mit dem letzten der fünf hintereinander geschalteten Transportbänder auf die richtige Höhe der aktuell zu beladenden Schublade anpassen. Ein bis zwei weitere Personen werden im Bereich des ersten Transportbandes des Sammelkopfes der Maschine eingesetzt, auf welches die Masthühner vom Boden in die Fangmaschine gelangen. Die Bedienung der Fangmaschine erfolgte durch die Landwirte selbst. Auf Grund dieser Tatsache verfügten beim „maschinellen Fang“ in der Regel alle Personen die die Fangmaschine bedienten, über eine Sachkunde im Sinne § 17 Abs. 2 oder Abs. 5 der Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung.

1.2.3. Transportsysteme

Zum Transport der Tiere wurden bei beiden Verladeformen dieselben Systeme („GP live bird container supply system“, Marel Austurhraun 9, Gardabaer, IS-210 Iceland) für die Beladung der LKWs verwendet. Ein Transportcontainer bestand aus einem Metallgerüst, welches Platz für acht Schubladen bietet. Dabei sind jeweils vier Schubladen übereinander angeordnet. Die Öffnung der Schubladen erfolgt bei beiden Verladeformen manuell. Die Container werden von einer Person mit einem Gabelstapler in den Stall gebracht und werden bei der manuellen Verladung direkt, möglichst nah an den Tieren, in die Einstreu gestellt. Im Gegensatz dazu verfügt die Fangmaschine über eine rotierende Plattform am Heck, auf der zwei Container gleichzeitig platziert werden können. Ein direkter Kontakt der Container zur Einstreu bleibt beim maschinellen Fang somit aus.

1.3. Schlachthof

Im Anschluss an die Verladung, wurden die Tiere in Containern durch die Spedition „BSG Logistik & Service GmbH Zweigniederlassung Bogen“ zu der Firma „Donautal Geflügelspezialitäten, Zweigniederlassung der PHW-Gruppe / Lohmann & Co. AG“ Bogen, Deutschland transportiert und dort geschlachtet. Die Erfassung der Verletzungen erfolgte hier durch eine Iris-Kamera (IRIS NT, Typ Basler Scout 1440, von STORK Poultry Processing, Marel Austurhraun 9, Gardabaer, IS-210 Island). Dabei handelt es sich um ein software-gestütztes Kamerasystem, welches unter anderem Hämatome unterschiedlicher Größe (große und kleine Hämatome) und Färbung (rote und blaue Verfärbungen) erfasst. Bei der Erfassung von Frakturen erfolgt keine Unterscheidung zwischen Frakturen mit und ohne Hämatom.

2. Erweiterte Beschreibung der Methodik

Der Vergleich der Fangmethoden erfolgte hinsichtlich des Risikos für die Entstehung von Verletzungen und der Häufigkeit von Federtoten. Die Häufigkeit von Verletzungen wurde auf drei Ebenen untersucht. Vor jeder Verladung wurde eine Voruntersuchung im Stall durchgeführt. Es folgte eine weitere Untersuchung noch auf dem Betrieb direkt nach Verladung und zuletzt wurden die Schlachtkörper der jeweiligen Herde visuell und mit Hilfe eines software-gestützten Kamerasystems auf Verletzungen untersucht. Außerdem wurden bei jeder Verladung auch die äußeren Umstände während der Verladung dokumentiert und ausgewertet.

2.1. Untersuchungen auf dem Betrieb

Erfasst wurden hier sowohl die Verletzungen als auch die äußeren Bedingungen während der Verladung.

2.1.1. Erfassung von Verletzungen

Die Erfassung der Verletzungen während der Voruntersuchung im Stall und während der Hauptuntersuchung (nach dem Fang und der Verladung in die Transportcontainer) erfolgte nach demselben Erhebungsschema (Tabelle 1). Hierfür wurden Untersuchungsprotokolle angefertigt, um die genaue Lokalisation der Verletzung sowie das Gewicht und Geschlecht der Tiere zu dokumentieren. Während der Voruntersuchung wurden insgesamt 200 Masthühner je Verladung untersucht. Die Auswahl der Tiere erfolgt zufällig und gleichmäßig verteilt über das vordere, mittlere

und hintere Drittel des abgedunkelten Stalls. Die Voruntersuchung wurde direkt vor der Verladung bis maximal 24 Stunden vorher durchgeführt. Die Hauptuntersuchung erfolgte während der Dauer der ersten zwei Drittel der jeweiligen Verladung. Pro Verladung wurden insgesamt zwei Transportcontainer untersucht, mit durchschnittlich 241 Masthühner pro Container nach maschinell und 242 Masthühner nach manuellem Fang. Vom ersten Container wurde neben möglichen Verletzungen auch das Gewicht sowie das Geschlecht der Masthühner erfasst und dokumentiert. Vom zweiten Container wurden nur die Verletzungen sowie das Geschlecht erfasst. Das Gewicht wurde hier lediglich von Tieren mit Frakturen oder vergleichbar schweren Verletzungen dokumentiert. Tiere mit Frakturen wurden, um weitere Schmerzen und Leiden zu verhindern, sachkundig getötet und zum Tiergesundheitsdienst Bayern e.V. verbracht, wo sie einer ausführlichen Sektion unterzogen wurden.

Zusätzlich zu den Verletzungen wurde die tatsächliche Besatzdichte der Schubladen der zwei untersuchten Container dokumentiert und mit der vom Schlachthof vorgegebenen Zielbesatzdichte verglichen. Als Grundlage für die Berechnung der Zielbesatzdichte diente dem Schlachthof das ca. 48 Stunden vor der Schlachtung hochgerechnete Durchschnittsgewicht der Herde für den Schlachttag.

Tabelle 1: Erfassung von Verletzungen bei Vor- und Hauptuntersuchung auf dem Betrieb.

Untersuchungsebene	Verletzungsvariable	Lokalisation	Definition	Art der Variablen
Betrieb, visuell Vor- und Hauptuntersuchung	Hämatom (subkutane Rotfärbung ≥0,5cm Durchmesser)	Flügelspitze	Abschnitt distal der Ossa carpi radiale und ulnare, beide Flügel (links und rechts), vorhanden ja/nein	binomial
		proximal der Flügelspitze	Abschnitt proximal der Ossa carpi radiale und ulnare, beide Flügel (links und rechts), vorhanden ja/nein	binomial
		Rumpf	Brust/Rücken, vorhanden ja/nein	binomial
		Beingliedmaße	Unter- und Oberkeule beide Beine (links und rechts), vorhanden ja/nein	binomial
	Luxation	Flügel	Gesamter Flügel, beide Seiten (links und rechts), vorhanden ja/nein (Differenzierung des betroffenen Gelenks wurde dokumentiert, wegen geringem Auftreten wurde Differenzierung des Gelenks jedoch nicht in die Auswertung mit aufgenommen)	binomial
	Fraktur	Flügel	Gesamter Flügel, beide Seiten (links und rechts), vorhanden ja/nein (Differenzierung des betroffenen Knochens wurde dokumentiert, wegen geringem Auftreten wurde Differenzierung des Knochens jedoch nicht in die Auswertung mit aufgenommen)	binomial
Epiphysiotomie am Humerus (Sonderform der Fraktur)		Flügel	Salter-Harris-Typ 1 (Frakturlinie entlang der Epiphysenfuge des Humerus, distales Ende), beide Flügel (links und rechts), vorhanden ja/nein	binomial

2.1.2. Dokumentation der äußeren Bedingungen bei Verladung

Die in der Tabelle 2 dargestellten Daten der äußeren Bedingungen wurden für jede Verladung erhoben:

Tabelle 2: Darstellung der während der Verladung erfassten Parameter äußerer Bedingungen.

Parameter	Erläuterung
Betrieb/ Verladung	Datum der Verladung
	Saison (Dezember 2016/Januar 2017; Februar/März 2017; April/Mai 2017; Juni/Juli/August 2017)
	Beginn/Ende der Verladung
	Tageszeit (vollständige Dunkelheit/Dämmerung/vollständige Helligkeit)
	Ausrichtung des Stalltors
Herde	Anzahl verladener Tiere/Anzahl Stallabteile
	Tag der Einstallung (Alter in Masttagen)
	Elterntierherde (Herdnummer/Produktionswoche)
	Mortalität während der Aufzucht
	Häufigkeit/Art antibiotischer Behandlungen während der Aufzucht
Arbeitsweisen	Dauer der Abdunkelung vor Verladebeginn
	Verkleidung des Stalltors während der Verladung vorhanden (ja/nein); Art und Grad der Abdunkelung des Stalltors während der Verladung
	Gesamtfangdauer
	Fangdauer pro Einzeltier, entspricht dem Abstand der Fänger zum Container in Sekunden beim manuellen Fang; für den maschinellen Fang berechnet aus $t = V/L$ (t = Zeit in Sekunden, V = Geschwindigkeit der Transportbänder in Meter/Sekunde, L = Länge der Transportbänder in Meter), ohne Berücksichtigung von Stillstandzeiten der Transportbänder
	Transportzeit mit dem LKW zum Schlachthof
Mitarbeiter	durchschnittliche Arbeitszeit
	Anzahl der Mitarbeiter
	Qualifikation der Mitarbeiter (entsprechend §17, Tierschutz-Nutztierhaltungsverordnung)

Fortführung Tabelle 2.

Parameter	Erläuterung
technische Messungen	<p>Lichtintensität in Lux (LMT Pocket-Lux 2B, LMT Lichtmesstechnik GmbH, Berlin, Germany) gemessen in sechs Ebenen zu drei verschiedenen Zeitpunkten der Verladung, an drei verschiedenen Stellen im Stall</p> <p>Schallpegel in dB (Sound Level Meter, PCE 322A, PCE Instruments UK Ltd, UK), gemessen zu drei verschiedenen Zeitpunkten der Verladung auf Höhe der Tiere am Boden</p> <p>Staubentwicklung in mg/m³ (Dust Trak DRX Aerosol Monitor TSI, Inc., Shoreview, MN), Messung erfolgte während der Voruntersuchung an drei Stellen (vorne/mittig/hinten) im Stall und während der Hauptuntersuchung zu fünf unterschiedlichen Zeitpunkten der Verladung, jeweils auf Höhe der noch am Boden befindlichen Tiere und auf Höhe der bereits im Container befindlichen Tiere</p> <p>Temperatur und Luftfeuchtigkeit mittels Datenlogger (LogBox RHT, B+B Thermo-Technik GmbH, Donaueschingen, Deutschland)</p> <p>Bandgeschwindigkeit der Transportbänder der Fangmaschine (Testo 470 Drehzahlmessgerät, Testo North America, West Chester, PA)</p>

2.2. Untersuchungen am Schlachthof

Zusätzlich zur Erfassung der Verletzungen direkt nach dem Verladen noch auf dem Betrieb erfolgte eine Untersuchung der Schlachtkörper am Schlachtband.

2.2.1. Verletzungen am Schlachtkörper (visuell)

Die visuelle Erfassung der Verletzungen im Schlachthof (Tabelle 3) erfolgte am laufenden Schlachtband (nach dem Rupfer, vor der Eviszeration) durch einen Tierarzt. Zusätzlich zu den Verletzungen wurde die Geschwindigkeit des Schlachtbandes in Tiere pro Stunde sowie die Dauer einer Beobachtungsspanne in Minuten dokumentiert. Bei der visuellen Untersuchung wurden pro Verladung 2.160-4.320 Tiere, verteilt auf mehrere Beobachtungsintervalle, untersucht.

Tabelle 3: Erfassung von Verletzungen am Schlachthand; visuell und durch ein software-gestütztes Kamerasystem (Iris-Kamera); die Schlachtkörper wurden von ventral und dorsal untersucht.

Untersuchungsebene	Verletzungsvariable	Lokalisation	Definition	Art der Variablen
Schlachthof, visuell	Hämatom (subkutane Rotfärbung, $\geq 0,5\text{cm}$ Durchmesser)	Flügelspitze	Abschnitt distal der Ossa carpi radiale und ulnare, beide Flügel (links und rechts), vorhanden ja/nein	binomial
		proximal der Flügelspitze	Abschnitt proximal der Ossa carpi radiale und ulnare, beide Flügel (links und rechts), vorhanden ja/nein	binomial
		Rumpf	Brust/Rücken, vorhanden ja/nein	binomial
		Bein-gliedmaße	Unter- und Oberkeule, beide Beine (links und rechts), vorhanden ja/nein	binomial
		Flügel	Beide Flügel (links und rechts), mit oder ohne Hämatom im umliegenden Gewebe, vorhanden ja/nein	binomial
Luxation		Bein-gliedmaße	Unter- und Oberkeule, mit oder ohne Hämatom im umliegenden Gewebe, beide Beine (links und rechts), vorhanden ja/nein	binomial
		Flügel	Beide Flügel (links und rechts), mit oder ohne Hämatom im umliegenden Gewebe (Abbildung I), vorhanden ja/nein	binomial
Fraktur		Bein-gliedmaße	Unter- und Oberkeule, mit oder ohne Hämatom im umliegenden Gewebe, beide Beine (links und rechts), vorhanden ja/nein	binomial
		Flügel	Beide Flügel (links und rechts), mit oder ohne Hämatom im umliegenden Gewebe (Abbildung I), vorhanden ja/nein	binomial
Schlachthof, software-gestütztes Kamerasystem	Hämatome (subkutane Rotfärbung)	Flügel	$\geq 150\text{mm}^2$ Durchmesser, gesamter Flügel, beide Seiten (links und rechts), vorhanden ja/nein	binomial
		Bein	$\geq 45\text{mm}^2$ Durchmesser, Unterkeule und Oberkeule, beide Beine (links und rechts), vorhanden ja/nein	binomial
		Rumpf	$\geq 60\text{mm}^2$ Brust und Rücken, vorhanden ja/nein	binomial
	Frakturen (mit und ohne Luxation des Knochens aus physiologischer Position)	Flügel	gesamter Flügel (Flügelspitze und Bereich proximal der Flügelspitze) beide Flügel, vorhanden ja/nein	binomial
		Bein-gliedmaße	Unter- und Oberkeule, beide Beine (links und rechts), vorhanden ja/nein	binomial



Abbildung 1: Fraktur am Flügel eines Schlachtkörpers, ohne Hämatom im umliegenden Gewebe (links), mit Hämatom im umliegenden Gewebe (rechts). (Fotos: Louton)

2.2.2. Verletzungen am Schlachtkörper (software-gestütztes Kamerasystem) und Erfassung der DOA

Die Erfassung der Verletzungen durch das software-gestützte Kamerasystem (IRIS NT, Typ Basler Scout 1440, von STORK Poultry Processing, Marel Austurhraun 9, Gardabaer, IS-210 Iceland) wurde durch den Schlachthof zum Zwecke der Beurteilung der Schlachtkörperqualität durchgeführt und die Ergebnisse wurden an uns übermittelt. Die Untersuchung durch die Iris-Kamera erfolgte grundsätzlich während der gesamten Schlachtung, was bedeutet, dass alle Tiere einer Herde in die Auswertung mit einfließen. So wurden im Rahmen dieser Studie 2.922-64.000 Tiere durch die Iris-Kamera untersucht. Positioniert war die Kamera im Weiß-Bereich der Produktion, vor der Zerlegung.

IV. PUBLIZIERTE STUDIENERGEBNISSE

Julia Mönch^a, Elke Rauch^a, Sandrina Klein^a, Michael Erhard^a, Inga Wolff^a, Paul Schmidt^b, Angela R. Schug^a, Helen Louton^c

^aChair of Animal Welfare, Animal Behaviour, Animal Hygiene and Animal Husbandry, Department of Veterinary Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, LMU Munich, 8 Veterinaerstr. 13/R, D-80539 Munich, Germany

^bPaul Schmidt, Statistical Consulting for Science and Research, Große Seestraße 8, 13086 Berlin, Germany

^cAnimal Health and Animal Welfare, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, University of Rostock, Justus-von-Liebig-Weg 6b, 18059 Rostock, Germany

The welfare impacts of mechanical and manual broiler catching and of circumstances at loading under field conditions

Poultry Science, angenommen am 12. August 2020

Manuskript Nummer PSJ-D-20-00329R2

The welfare impacts of mechanical and manual broiler catching and of circumstances at loading under field conditions

Julia Mönch,* Elke Rauch,* Sandrina Hartmannsgruber,* Michael Erhard,* Inga Wolff,* Paul Schmidt,[†] Angela R. Schug,* and Helen Louton^{†,1}

**Chair of Animal Welfare, Animal Behaviour, Animal Hygiene and Animal Husbandry, Department of Veterinary Sciences, Faculty of Veterinary Medicine, LMU Munich, D-80539 Munich, Germany; [†]Paul Schmidt, Statistical Consulting for Science and Research, 13086 Berlin, Germany; and ¹Animal Health and Animal Welfare, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, University of Rostock, 18059 Rostock, Germany*

ABSTRACT Loading of broilers for transport to the processing plant poses a notable injury risk for broilers. Therefore, the poultry industry has developed mechanical methods as alternatives to manual loading methods. Our objective in the present study was to compare manual loading (MAN) of broilers with the mechanical loading (MECH). We assessed the injuries of broilers of 12 MAN and 12 MECH flocks on-farm before and immediately after loading, documented the numbers of broilers dead on arrival reported by the processing plant, and assessed the circumstances at loading. A smaller number of broilers with a hematoma (≥ 0.5 cm in diameter) on the wing were observed after MAN compared with MECH using the examined harvester (MAN vs. MECH odds ratio: 0.16; 95% confidence interval: 0.10, 0.28). The number of broilers with severe wing injuries did not differ between the loading methods. The number of broilers dead on arrival was greater in mechanically loaded flocks (MAN vs. MECH odds ratio: 0.26; 95% confidence interval: 0.10, 0.68),

but lower than in comparable studies. We observed a lower average stocking rate than targeted in the drawers of MECH containers, most likely because the used harvester can adapt to short-term changes in weight and adjust the stocking rate during the loading process. A longer total loading duration in MAN was associated with an increase of wing hematomas, and the involvement of more working people per 10,000 broilers during MAN was associated with a lower occurrence of hematomas. The total loading duration in MECH had no notable influence on the occurrence of injuries. Physical conditions of the involved personnel might play a larger role in MAN than in MECH. The harvester that was examined should be further developed to reduce the occurrence of hematomas. Our results indicate that the choice of loading method alone does not determine the injury risk, and multiple factors are associated with broiler welfare during loading. It is important that the chosen method is performed under the most adequate conditions.

Key words: broiler, manual loading, mechanical loading, injury, DOA

2020 Poultry Science 99:5233–5251
<https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.08.030>

INTRODUCTION

For many decades, agricultural production largely focused on increasing productivity, for example, through increasing growth rates of conventionally fattened broilers (Havenstein et al., 2003; Bessei, 2006). Recently, however, agricultural stakeholders have become aware of the importance to ensure animal welfare in livestock

production (Maria, 2006; Vanhonaacker et al., 2008; Tuytens et al., 2014). As part of animal-friendly meat production, the loading of the animals for transport to the processing plant at the end of the fattening period should be as gentle as possible. In principle, 2 options are available for loading broilers. One option is manual loading and the other is mechanical loading.

Manual loading is often performed by commercial catching teams. The catchers usually grab the broilers by the legs, often 3 to 4 broilers per hand, and carry them to the transport containers. Thus, the broilers are carried upside down (Bayliss and Hinton, 1990). It should be considered that manual loading is a physically demanding and unpleasant task (Kettlewell and Turner, 1985; Bayliss and Hinton, 1990). Resulting fatigue and

© 2020 Published by Elsevier Inc. on behalf of Poultry Science Association Inc. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Received March 27, 2020.

Accepted August 11, 2020.

¹Corresponding author: helen.louton@uni-rostock.de

individual attributes of the involved personnel can have a negative influence on the handling of the broilers (Langkabel et al., 2015; Lima et al., 2019). An advantage of manual loading is that the worker can directly and positively influence the escape behavior by adapting the way of grabbing the broilers (Lima et al., 2019).

For mechanical loading, various systems have been developed (de Koning et al., 1987; Bayliss and Hinton, 1990; Kettlewell and Mitchell, 1994; Lacy and Czarick, 1998; Knierim and Gocke, 2003; Nijdam et al., 2005). The ways in which the broilers are picked up from the ground can vary greatly between the systems, whereas the passage to the transport containers is similar. Mechanical harvesters of the new generation use conveyor belts for the passage (de Koning et al., 1987; Bayliss and Hinton, 1990; Kettlewell and Mitchell, 1994; Lacy and Czarick, 1998; Knierim and Gocke, 2003; Nijdam et al., 2005). Considering the collection of the broilers from the ground, 2 main types of harvesters are currently used. One type is the Apollo Generation 2, which was examined in the present study. In the front of this machine, there are 6 parallel arranged collection belts by which the broilers are picked up from the ground. Another type of harvester is called "Chicken Cat Harvester" (JTT Conveying A/S, Bredsten, Denmark). For the process of collecting the broilers from the ground, this machine is equipped with a pick-up head that collects the broilers by means of 3 units with rotating rubber fingers (Knierim and Gocke, 2003; Nijdam et al., 2005). The different mechanical loading methods have in common that the broilers have no direct body contact with the personnel and reach the transport containers in an upright body position.

Numerous past studies showed that substantial injuries can occur during loading and transport (Knierim and Gocke, 2003; Nijdam et al., 2005; Lund et al., 2013; Langkabel et al., 2015; Jacobs et al., 2017b; Cockram and Dulal, 2018). Earlier studies showed the average share of broilers with wing hematomas after manual loading to be up to 8.4% (Knierim and Gocke, 2003; Nijdam et al., 2005; Langkabel et al., 2015). The study by Langkabel et al. (2015) showed that on average up to 4.7% of the broilers from precatching and 14.0% of those after heavy-weight fattening had a wing lesion after manual catching; these data were acquired via a camera system at the processing plant. Knierim and Gocke (2003), who compared manual and mechanical loading, reported significantly more broilers with wing fractures after manual loading (on average 0.77%) than after mechanical loading (on average 0.66%). Nijdam et al. (2005) did not observe an influence of the catching method on the injury rate when comparing manual with mechanical loading methods, with an average of 6.7% to 8.4% bruised wings.

In all mentioned studies, as far as indicated by the authors, the data were acquired at the processing plant. Thus, it is difficult to differentiate between injuries that resulted from loading and those that resulted from transport or handling at the processing plant (Cockram and Dulal, 2018). In view of these findings

and because injured animals that cannot move without pain are considered not transportable in Europe (Council Regulation [EC], 2004), it is important to reduce the risk of injuries caused by loading to comply with the animal welfare legislative in Europe.

Loading can also influence other welfare parameters of broilers, such as physiological or behavioral stress parameters (Wolff et al., 2019). Lima et al. (2019) observed that the way in which the catcher is handling the broilers during carrying from the ground to the drawer can influence the broilers' behavior. Wolff et al. (2019) observed less wing flapping during mechanical than during manual loading. They furthermore observed that the stress level of broilers was more influenced by the outside temperature, the body weight of the broilers, and the light intensity during manual loading as compared with mechanical loading.

Another animal welfare aspect is the number of broilers that are dead on arrival (DOA) at the processing plant. The reported losses by DOA vary between studies and range from an average of 0.09 to 0.46% of loaded broilers (Nijdam et al., 2004; Chauvin et al., 2011; Kittelsen et al., 2015). According to Bayliss and Hinton (1990), the incidence of DOA in broilers is influenced by 3 main factors: health status of the flock, heat stress during transport, and pre-existing injuries, such as traumata experienced during transport. More recent studies discuss various factors that can influence the DOA rates. A study from 2008 identified the cumulative mortality during fattening as a major factor of influence; other mentioned factors were the live weight of the broilers at slaughter, the feeding regimen, vaccination, and genetics (Haslam et al., 2008). The loading process itself can also influence the DOA rate (Chauvin et al., 2011). Chauvin et al. (2011) observed that the DOA risk was higher after mechanical than after manual loading and mentioned that this was an unexpected result. Knierim and Gocke (2003) observed a trend of higher DOA rates after mechanical loading compared with manual loading but did not find significant differences. Similar observations were made by Nijdam et al. (2005). A Dutch study found a trauma in 29.5% of the examined broilers DOA, with liver ruptures being most frequent and likely the cause of death, followed by bone fractures and cranial traumata (Nijdam et al., 2006), which is comparable with the results of the studies by Lund et al. (2013) and Kittelsen et al. (2015).

Two major advantages of mechanical loading are the missing contact with humans and the transport in an upright position, both reducing the stress for the broilers (Lacy and Czarick, 1998). Furthermore, Knierim and Gocke (2003) observed a lower risk of injuries during mechanical than during manual loading. However, because the handling of the broilers during loading can influence their behavior, a human might be better able to adapt to certain characteristics of flocks (Lima et al., 2019). Thus, both methods have advantages and disadvantages in their use.

To reduce the injury risk during loading and thus potentially the DOA risk in the future, it is therefore

WELFARE OF BROILERS DURING LOADING

5235

important to develop an adequate loading method for broilers. The objective of the present study was to assess the occurrence of injuries and the type of injuries for loaded broilers at the end of heavy-weight fattening by comparing 2 loading methods and the conditions during loading. We compared manual loading by commercial catching teams with mechanical loading by the Apollo Generation 2 chicken harvester (CMC Industries-Ciemmealabria, Cazzago S. Martino, Italy) under field conditions. The results should contribute to the advancement of the 2 loading methods for broilers at the end of their lives.

MATERIALS AND METHODS

Animals, Farms, and Catching Methods

The data collection was restricted to Bavarian broiler farms (southern Germany) and performed from December 2016 to August 2017. We assessed 24 loadings of Ross 308 broilers after conventional heavy-weight fattening (37–42 fattening days) under commercial field conditions. On the day of loading, the assessed broilers had an average live weight ranging from 2,274 to 2,758 g. The selection criteria for the farms were conventional broiler fattening (stocking density of 39 kg/m², except 1 flock [mechanical loading 10/F, Table 1] that was raised at a stocking density of 35 kg/m²), a maximal distance to the processing plant of 130 km, and for the loaded flocks a maximal cumulative mortality of 5% during rearing and no antibiotic treatment during the last 10 d before slaughter. The assessments of mechanical loadings were performed on 6 farms, whereby 1 farm took part once, 4 farms twice, and 1 farm 3 times. Manual loading was assessed on 11 different farms, of which 1 farm was assessed twice during the study (Table 1).

Twelve of the 24 loadings were performed manually by commercial catching teams and 12 were performed mechanically with the Apollo Generation 2 chicken harvester (CMC Industries-Ciemmealabria). The harvester was operated by the farmer of the respective flock. In manual loading, no family members or friends were involved in the catching to minimize bias. The goal of the study was to compare the 2 catching methods in their regular on-farm use in an exploratory study; therefore, explicit previous training was not performed. The whole staff involved in loading must be instructed by a certified person before loading if they do not have a certification by a veterinary office. "Certified" persons have completed either an agricultural or comparable education with an examination by the veterinary office or schooling by the veterinary office. In our study, the number and certification type of the "certified" people were documented in accordance with the definition in Table 2. All 24 loadings included in the study were examined during loading and in a random sampling for each assessed parameter listed in Table 2. Loading in this study comprises the loading of all broilers of the whole barn. If the barn was divided in several sections, the

entire barn (all sections) counted as 1 sample. On average, 34,531 broilers per farm (min 18,500 to max 67,355) were loaded.

For both loading methods, the same transport container systems ("GP live bird container supply system," Marel, Gardabaer, Iceland) were used for loading the trucks. Each container consisted of a metal frame with 8 drawers, arranged in 2 stacks of 4, which must be opened manually in both loading methods. One person driving a forklift brought the containers into the barn. For manual loading, the containers were placed directly onto the litter as close as possible to the animals. The mechanical harvester has a rotating carousel at the rear end that holds 2 containers, which thus do not touch the litter. A photo of the used harvester and containers can be viewed in the article by Wolff et al. (2019).

The commercial catching teams consisted of 6 to 10 catchers from a pool of staff of 53 people. It was always the same pool of staff, but the team differed in composition. The catchers grabbed the broilers by both legs, carried them upside down to the container, and placed them into the drawers. By using this method, a catcher could carry on average 3 birds per catch. The 2-leg catching was a requirement of the study.

The Apollo Generation 2 consists of 9 conveyor belts. On the conveyor belts, the broilers move all the way from the ground into the drawers of the containers. Via 4 parallel arranged collection belts, the broilers are picked up from the ground. From those belts, 2 transversal belts run in the opposite direction and take the broilers from the left or right side of the collection head to the first of 3 conveyor belts (small belt, main belt, caging belt) arranged in sequence in the central channel of the harvester. The caging belt, located at the adjustable rear end of the central channel, deposits the broilers into a container drawer. During the whole process, the animals remain in an upright position and have no direct contact with the personnel.

Two persons operated the rear end of the harvester with the caging module. These 2 persons were on the carousel and adjusted the height of the rear end of the central channel so that the broilers on the caging belt would reach the drawer that was to be loaded. The team during mechanical catching was a small group of farmers who use the machine together and support each other during each loading. Thus, the farmers themselves operated the harvester, and each farmer on his own farm would manage the loading. Another 1 or 2 persons (also farmers or helpers of the family) attended the front collection head in the area where the broilers climbed onto one of the first 4 parallel collection belts. They made sure that the broilers would be picked up properly and the density on the collection belts would be appropriate. The speed of the harvesters' forward movement in the barn is approximately 0.02 m/s. There was no preassigned speed of the conveyor belts in the study. The speed of the belts, which was adjusted by the farmers, was measured in accordance with the definition in Table 2.

WELFARE OF BROILERS DURING LOADING

5237

Table 2. Climatic and general circumstances and conditions with respective definitions assessed at each of the 24 loadings.

Variable	Information or definition
Number of animals	Total number of animals that were loaded during the entire loading time
Antibiotic therapy	No/yes
Therapy recurrence	Number of treatments >1 (no/yes)
Parental flocks	Week of production
Number of working people	Number of persons involved in loading per 10,000 broilers
Expertise of staff	Number of persons in the team with officially certified expertise by a veterinary office (includes agricultural education or education with exam by veterinary office) (§ 17, German Order on the Protection of Animals and the Keeping of Production Animals, 2006); evaluated binomially (yes/no) for each involved person
Loading time	Time in hours for entire loading of barn
Loading speed	Animals per hour
Speed of the conveyor belt	Meter per second (Testo 470 rotation speed control counter, Testo North America, West Chester, PA), measurement of the speed of 4 of the 5 conveyor belts (sequence of collection, transversal, small, main, and caging belts) 3 times during each loading (the small belt was not accessible)
Loading time per animal	Seconds Mechanical catching: $t = V/l$ (t = time in seconds, V = speed of conveyor belt in m/s, l = length of conveyor belt in meters), standstill of the conveyor belt during adjustment of rotary head is not considered Manual catching: time (seconds) from lifting of broiler by catcher till depositing in container, measurement 8 times during each loading
Sound level	dB (Sound Level Meter, PCE 322A, PCE Instruments UK Ltd, UK), 3 times during each loading near the animals on the ground
Light	lux (LMT Pocket-Lux 2B, LMT Lichtmesstechnik GmbH, Berlin, Germany) 3 times during each loading using a 6-sided-measuring system
Climatic data collection:	
Season	4 seasons 1 = December 2016/January 2017 2 = February/March 2017 3 = April/May 2017 4 = June/July/August 2017
Temperature	4 categories, outside temperature 1 = <0°C 2 = 1°C 10°C 3 = 11°C 20°C 4 = >20°C recorded by data logger (LogBox RHT, B + B Thermo-Technik GmbH, Donaueschingen, Germany)
Time of the day	4 categories 1 = loading at night 2 = loading at daytime 3 = loading at twilight (sunrise/sunset) 4 = loading during the night, twilight and daytime

When the loading of one truck was complete, the trucking company "BSG Logistik & Service GmbH, Zweigniederlassung Bogen" delivered the containers to the processing plant "Donautal Geflügelspezialitäten, Zweigniederlassung der Lohmann & Co. AG" in Bogen, Germany, where the broilers were slaughtered. The waiting period from arrival to slaughter was about 1 h.

Methods of Data Acquisition

The 2 catching methods were evaluated for their risk of broiler injuries and the frequency of broilers DOA. Therefore, the broilers were examined on-farm for the presence, severity, and frequency of injuries (listed in Table 3) during the 24 loadings. To assess whether injuries were already present before loading, a pre-examination in the barn was performed on 200 animals, which were randomly selected in dimmed light (66 in the front part of the barn, 67 in the middle, 66 in the back of the barn), representing a sample of the flock. The pre-examination was performed on the same day as the main examination, immediately or at most 24 h before loading began. All animals of the pre-examination were examined considering weight (scale: Mettler Toledo ICS425 scale, Mettler Toledo GmbH, Gießen,

Germany), sex, and the injury variables listed in Table 3. In total, 4,800 individual birds were examined during the pre-examination and 11,497 after loading (5,709 after mechanical, 5,788 after manual loading). Four veterinarians, previously trained in 2 sample loadings, performed all examinations. During the pre-examination, head lights were used to ensure adequate conditions for the assessment. Each bird was examined carefully by visual assessment and palpation.

The main examination was carried out during harvesting of the first 2/3 of the barn. Animals in 2 loaded containers were examined. The containers were randomly chosen during the first and second third of the loading of the barn. The animals of the first container (on average 241 after mechanical and 242 after manual loading) were similarly examined (weight, sex, and injuries) to the pre-examination, and animals of the second container (on average 235 after mechanical and 240 after manual loading) were examined for all mentioned variables except for weight. The examinations of the containers after loading took place outside of the barn in daylight conditions or illuminated buildings on site. Injuries were assessed visually or by palpation if necessary. X-ray was not performed. To ensure animal welfare, broilers that were diagnosed with a fracture or luxation

5238

MÖNCH ET AL.

Table 3. Assessed variables before and after loading.

Variable	Severity	Assessment method	Type of injury	Location on body	Type of variable	Explanation
Body weight	n/a	Mettler Toledo CS425 scale (Mettler Toledo GmbH, Gießen, Germany)	n/a	n/a	Metric	Assessment only of birds of first catch
Sex	n/a	Phenotypic characteristics	n/a	n/a	Binomial	Female/male
Injury	Minor injury	Visual assessment	Hematoma (≥ 0.3 cm in diameter)	Wing (broilers with ≥ 1 HoWi; including HoWIT and HoWIpWIT)	Binomial	Occurrence yes/no on either wing, left or right; any location on the wing
				Wing tip (broilers with ≥ 1 HoWIT)	Binomial	Occurrence yes/no on either wing, left or right
				Wing proximal to wing tip (broilers with ≥ 1 HoWIpWIT)	Binomial	Occurrence yes/no on either wing, left or right
				Tarsi (broilers with ≥ 1 HoBODY)	Binomial	Occurrence yes/no on either leg, left or right
				Leg (broilers with ≥ 1 HoLEG)	Binomial	Occurrence yes/no on either wing, left or right
	Severe injury	Visual assessment and palpation; pathologic examination after diagnosis via palpation	Fracture (including epiphyseolysis, EPIoH) or luxation	Wing (broilers with ≥ 1 SWI)	Binomial	Occurrence yes/no on either wing, left or right
			Epiphyseolysis: total separation fracture of the distal humeral epiphysis)	Wing (broilers with ≥ 1 EPIoH)	Binomial	Occurrence yes/no on either wing, left or right ¹

Number of assessed broilers per loading: 200 before loading, on average 478 after mechanical, on average 482 after manual loading; all broilers were randomly selected, broilers assessed before and after loading were not necessarily the same animals.
Abbreviations: EPIoH, epiphyseolysis on humerus; HoWi, hematoma on wing (including HoWIT and HoWIpWIT); HoWIT, hematoma on wing tip; HoWIpWIT, hematoma on wing proximal to wing tip; HoBODY, hematoma on body; HoLEG, hematoma on leg; n/a = not applicable; SWI, severe wing injury.
¹During assessment, the occurrence of fractures was separately documented for the left and right wing; for analysis, data were used binomially for both sides.

via palpation by a veterinarian after loading were not further transported to slaughter but stunned by concussion and then killed by cervical dislocation. To exclude other diseases as an influencing factor for fractures and to examine the severe injuries in more detail, these culled broilers were examined at the Department of Pathology of the Bavarian Animal Health Service (Tiergesundheitsdienst Bayern e. V.). A complete pathological and histological examination of the severe injuries was performed on these broilers.

In addition, the actual stocking rate in each drawer of the 2 examined containers was recorded and compared with the target stocking rate prescribed by the processing plant. As basis for calculating the target stocking rate, the processing plant staff used the average weight of the flock measured about 48 h before slaughter, adjusted to the assumed weight on the day of slaughter. Furthermore, the number of broilers DOA assessed at the processing plant was recorded.

To identify possible factors, besides the loading method, that are associated with the occurrence of injuries and the DOA rate, we measured the variables listed in Table 2. These variables were randomly measured throughout the first 2/3 of the loading in accordance with the methods described in Table 2.

Statistical Analysis

Experimental units in the statistical analyses of injuries are the loadings. Therefore, the sample size used here is 24. This sample size in combination with the number of research questions only allows an exploratory and simplified analysis of the data and questions at hand. The differences in the effect of the predictors (Table 2) on each injury variable (response variables) mentioned in Table 3 (HoWi = hematoma on wing [including HoWIT or HoWIpWIT], HoWIT = hematoma on wing tip, HoWIpWIT = hematoma on wing proximal to wing tip, HoBODY = hematoma on body, HoLEG = hematoma on leg, SWI = severe wing injury [fracture or luxation; including epiphyseolysis on humerus], EPIoH = epiphyseolysis on humerus) between the 2 catching methods were estimated by single logistic regression models for binomial responses, that is, 1 model for each predictor.

The modeling setup consisted of an intercept, a main effect of the predictor, a main effect for the catching methods (dummy coded), and the interaction of the latter 2 variables. Owing to the relatively small sample size, no confounding factors were included in the analysis. Farm-specific random intercepts were included in the models to account for multiple observations on some farms. Results of these models include the effects (expressed as odds ratios) of all predictors on the injury variables for the 2 catching methods separately, as well as the differences of these effects between the catching methods (results considering injuries and epiphyseolysis).

WELFARE OF BROILERS DURING LOADING

5239

The same approach was used for the response variables DOA and compliance with the target stocking rate. However, for the latter, the experimental units are 381 drawers, and a linear mixed model for continuous response variables was used. In this model, the assumptions about identically and normally distributed error terms were violated. Owing to the lack of adequate alternatives and the exploratory character of this analysis, these violations were accepted.

The variables "loading speed (animals per hour)," "catching duration per animal (seconds)," and "total loading duration (hours)" were additionally analyzed in an exploratory manner using Pearson's correlation coefficient. All statistical analyses were carried out with the statistical programming language R (R Core Team, 2018).

RESULTS

Injuries

The results of the pre-examination of the broilers showed that the occurrence of hematomas or fractures during the pre-examination (i.e., before loading) was nearly 0 (Table 4).

Minor Injuries Regardless of the catching method, wing hematomas were among the most frequently observed injuries after loading (Table 4). The average share of assessed broilers with ≥ 1 wing hematoma per loading was 4.34% (with a maximum of 11.16%). Most of the broilers had the wing hematoma on the wing tip (on average 3.96% per loading). Analyzing the frequency of wing hematomas in accordance with the catching method, we found on average 7.19% (min: 3.83%; max: 11.16%) of the mechanically loaded broilers with ≥ 1 wing hematoma per loading (Table 4). In manually loaded flocks, we found on average 1.49% (min: 0.00%; max: 4.43%) of the broilers with ≥ 1 wing hematoma per loading. The higher value for broilers with ≥ 1 wing hematoma in mechanically loaded flocks was statistically supported (Table 4). Most of the mechanically loaded broilers had the wing hematoma on the wing tip (on average 6.92%). In 1.00% of the manually loaded

broilers, ≥ 1 hematoma on the wing tip were observed per loading, significantly fewer than after mechanical loading. One or more hematomas proximal to the wing tip were observed in 0.49% of the broilers after manual loading and in 0.26% after mechanical loading. This higher value for manual loading was not statistically supported.

Severe Injuries Regardless of the catching method, on average 1.19% (min: 0.39%; max: 3.15%) of the broilers of per loading showed ≥ 1 severe injury (including fractures or luxations) of the wing after loading (Table 4). Of all diagnosed severe wing injuries, 93.35% were epiphysealyses, a specific type of fracture in which the fracture line is in the epiphyseal plate. Analyzing the frequency of severe wing injuries in accordance with the catching method, we found an average share of 1.36% (min: 0.56%; max: 3.15%) with ≥ 1 severe injury in the mechanically loaded broilers. After manual loading, on average 1.02% (min: 0.39%; max: 1.47%) of the broilers showed ≥ 1 severe wing injury. This lower value for manually loaded broilers was not statistically supported (Table 4).

Dead on Arrival

In addition to the frequency of injuries after loading, we also evaluated the numbers of broilers DOA recorded at the processing plant. Regardless of the catching method, on average 0.11% (SD: 0.10%; min: 0.00%; max: 0.36%) of the delivered broilers were dead. The average DOA rate was 0.16% (SD: 0.12%; min: 0.00%; max: 0.36%) in mechanically loaded flocks and 0.06% (SD: 0.05%; min: 0.00%; max: 0.15%) in manually loaded ones. Statistically, the risk for DOA was lower for manual than mechanical loading (manual vs. mechanical odds ratio: 0.26; 95% confidence interval [CI]: 0.10, 0.68).

Stocking Rate in Container Drawers

On average, the mechanically loaded drawers (61.98%) were understocked more frequently than the manually loaded drawers (34.39%) (Figure 1). In

Table 4. Average percentages of injuries observed at assessments before and after loading and odds ratios (ORs) for manual vs. mechanical catching.

Variable	Injuries total				Mechanical catching				Manual catching				OR manual vs. Mechanical catching		
	Before		After		Before		After		Before		After				
	AV	SD	AV	SD	AV	SD	AV	SD	AV	SD	AV	SD	Coef	2.5% CI	97.5% CI
Broilers with ≥ 1 HoWI	0.02	0.10	4.34	3.48	0.00	0.00	7.19	2.35	0.04	0.14	1.49	1.46	0.16	0.10	0.28
Broilers with ≥ 1 HoWIT	0.02	0.10	3.96	3.48	0.00	0.00	6.92	2.30	0.04	0.14	1.00	0.95	0.13	0.08	0.20
Broilers with ≥ 1 HoWpWIT	0.00	0.00	0.38	0.51	0.00	0.00	0.26	0.24	0.00	0.00	0.49	0.68	1.53	0.53	3.00
Broilers with ≥ 1 HoBODY	0.02	0.10	0.06	0.13	0.04	0.14	0.07	0.14	0.00	0.00	0.05	0.13	0.72	0.10	3.00
Broilers with ≥ 1 HoLEG	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	n/a	n/a	n/a
Broilers with ≥ 1 SWI	0.04	0.14	1.19	0.61	0.04	0.14	1.36	0.77	0.04	0.14	1.02	0.33	0.76	0.52	1.11
Broilers with ≥ 1 EPI	0.04	0.14	1.11	0.58	0.04	0.14	1.22	0.74	0.04	0.14	1.00	0.36	0.83	0.56	1.25

n = 24 loadings, total of 5,788 assessed broilers for manual loading, total of = 5,709 assessed broilers for mechanical loading.

Abbreviations: AV, average; CI, confidence interval; Coef, coefficient; EPIoH, epiphysealyses on humerus; HoBODY, hematoma on body; HoWI, hematoma on wing (including HoWTT and HoWpWIT); HoWTT, hematoma on wing tip; HoWpWIT, hematoma on wing proximal to wing tip; HoLEG, hematoma on leg; SWI, severe wing injury (fracture or luxation; including epiphysealyses on humerus); n/a, not applicable.

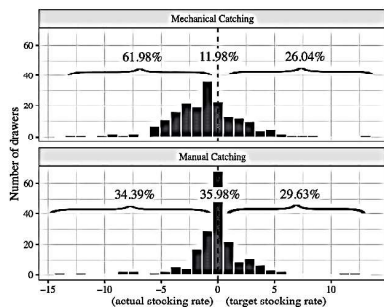


Figure 1. Difference of actual to target stocking rate in loaded container drawers (X-axis) and distribution of the 381 investigated drawers (Y-axis) after mechanical and manual catching.

11.98% of the mechanically loaded drawers, the target stocking rate was met, and in 26.04%, it was exceeded. After manual loading, 35.98% of the drawers met the target stocking rate and 29.63% exceeded it.

The average difference between actual and target stocking rate was -1.16 animals (SD: 3.47) after mechanical loading and -0.11 animals (SD: 2.88) after manual loading. In the linear mixed model, we identified an expected difference of -1.67 animals (95% CI: -2.57 , -0.78) for the mechanical harvester. The expected difference between manually and mechanically loaded drawers was 1.54 animals (manual vs. mechanical 95% CI: 0.31, 2.78). Thus, at an average loading speed, the actual stocking rate was higher in manually loaded drawers than in mechanically loaded drawers.

An increase in loading speed by 1,000 animals per hour was tendentially associated with an increase in stocking rate in the mechanically loaded drawers (Pearson correlation coefficient: 1.40 animals; 95% CI: 0.29, 2.52). We did not find this tendency for manual loading. Because both CIs (for manual and mechanical loading) include zero, a statistically supported association of loading speed on the actual stocking rate in the container drawers could not be shown for the 2 loading methods.

General Conditions During Loading

Table 1 gives an overview of the general conditions recorded during loading. We examined, inter alia, possible relationships between loading speed (in animals per hour), total loading duration (in hours), and catching duration per animal (in seconds) within each loading method (Figures 2A–2C). For mechanical loading, we found a longer catching duration per animal tendentially being associated with a slower loading speed and a longer total loading duration. For manual loading, the trend was opposite, with a longer catching duration per animal tendentially being associated with a faster

loading speed and a shorter total loading duration. Increasing loading speed during mechanical loading was tendentially associated with decreasing total loading duration. For manual loading, the trend was opposite. Moreover, the total loading duration was associated with the number of animals being loaded (Figure 2D) and the number of working people per 10,000 broilers (Figure 2E) during manual and mechanical loading. Similarly, the loading speed was associated with the number of working people. For mechanical loading, 1 additional person led to an average of 1,133 additional broilers being loaded per hour (95% CI: 51, 2,215). Manual loading showed the same tendency (110 additional broilers per hour; 95% CI: -379 , 599).

The average sound level was 82.95 dB (SD: 3.09 dB; min: 78.40 dB; max: 87.00 dB) during mechanical loading and 75.25 dB (SD: 2.60 dB; min: 70.10 dB; max: 80.80 dB) during manual loading. The average difference in sound level between manual and mechanical loading was -7.70 dB (95% CI: -10.12 dB, -5.28 dB). Thus, the average sound level was significantly lower during manual than mechanical loading.

The measurement of illumination in the barn during loading showed an average light intensity of 1.13 lux (SD: 2.08 lux; min: 0.05 lux; max: 6.98 lux) during mechanical loading and 1.85 lux (SD: 2.75 lux; min: 0.06 lux; max: 7.93 lux) during manual loading. The difference in the average values between manual and mechanical loading was 0.72 lux (95% CI: -1.43 lux, 2.87 lux), and thus the light intensity was tendentially lower during mechanical than manual loading.

Determining Factors for Injuries and DOA Rates

Figure 3 illustrates factors associated with the occurrence of injuries. Relevant associations included catching duration per animal (i.e., how long it took to move an animal from the ground to the container drawer; in seconds), total loading duration (hours), and loading speed (animals per hour). During mechanical loading, a longer catching duration per animal was associated with a greater number of broilers with ≥ 1 hematoma on the wing tip. This result was statistically supported. When the broilers were loaded manually, the number of broilers with ≥ 1 hematoma on the wing tip tendentially decreased with increasing catching duration per animal (Figure 3). This difference between the loading methods was statistically supported. An increasing total loading duration during mechanical loading was not associated with the number of broilers with ≥ 1 wing tip hematoma. During manual loading, an increasing total loading duration was associated with a greater number of broilers with ≥ 1 wing tip hematoma (Figure 3). This difference between the loading methods was statistically supported.

An increase in loading speed by 1,000 broilers per hour during mechanical loading was associated with a smaller number of broilers with ≥ 1 wing tip hematoma. During

WELFARE OF BROILERS DURING LOADING

5241

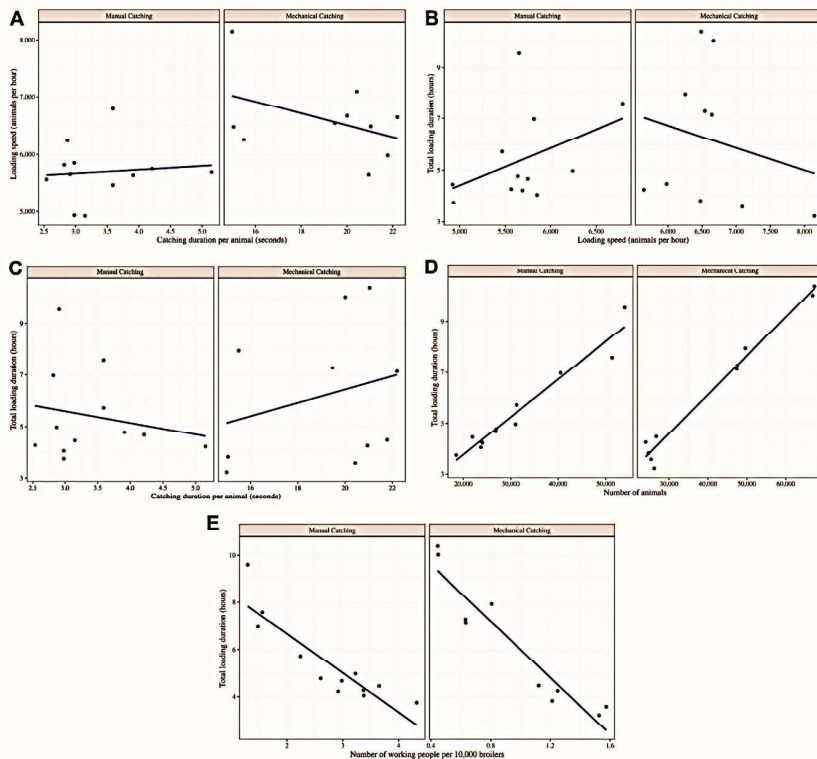


Figure 2. A. Relationship of loading speed (animals per hour) to catching duration per animal (seconds) ($r = -0.10 [-0.51; 0.63]$ for manual catching and $r = -0.43 [-0.83; 0.27]$ for mechanical catching). B. Relationship of total loading duration (hours) to loading speed (animals per hour) ($r = 0.41 [-0.21; 0.89]$ for manual catching and $r = -0.21 [-0.74; 0.48]$ for mechanical catching). C. Relationship of total loading duration (hours) to catching duration per animal (seconds) ($r = -0.19 [-0.69; 0.43]$ for manual catching and $r = 0.27 [-0.43; 0.77]$ for mechanical catching). D. Relationship of total loading duration (hours) to number of animals being loaded ($r = 0.97 [0.90; 0.99]$ for manual catching and $r = 0.99 [0.95; 1.00]$ for mechanical catching). E. Relationship of total loading duration (hours) to number of working people per 10,000 broilers ($r = -0.89 [-0.97; -0.66]$ for manual catching and $r = -0.95 [-0.99; -0.78]$ for mechanical catching).

manual loading, this increase in loading speed was tendentially associated with a greater number of broilers with ≥ 1 wing tip hematoma. Considering the association of increasing loading speed by 1,000 animals per hour with the total number of broilers with ≥ 1 hematoma on the wing (regardless of the location on the wing), we found a similar picture; during mechanical loading, the number of broilers with these injuries decreased, during manual loading, the number increased. This difference between the loading methods was statistically supported (Figure 3). An association of the deviation from the target stocking rate with the occurrence of injuries was not observed.

Other factors that were associated with the occurrence of injuries included the sound level and the light intensity in the barn. An increase in sound level was associated with an increase in the number of broilers with ≥ 1 wing tip hematoma during mechanical loading and manual loading. This increase in the occurrence of the mentioned injuries was higher during manual than during mechanical loading, and the difference between the loading methods was statistically supported. In addition, higher light intensity in the barn was associated with an increased number of broilers with ≥ 1 wing tip hematoma during mechanical loading and manual loading. This increase in the occurrence of wing tip

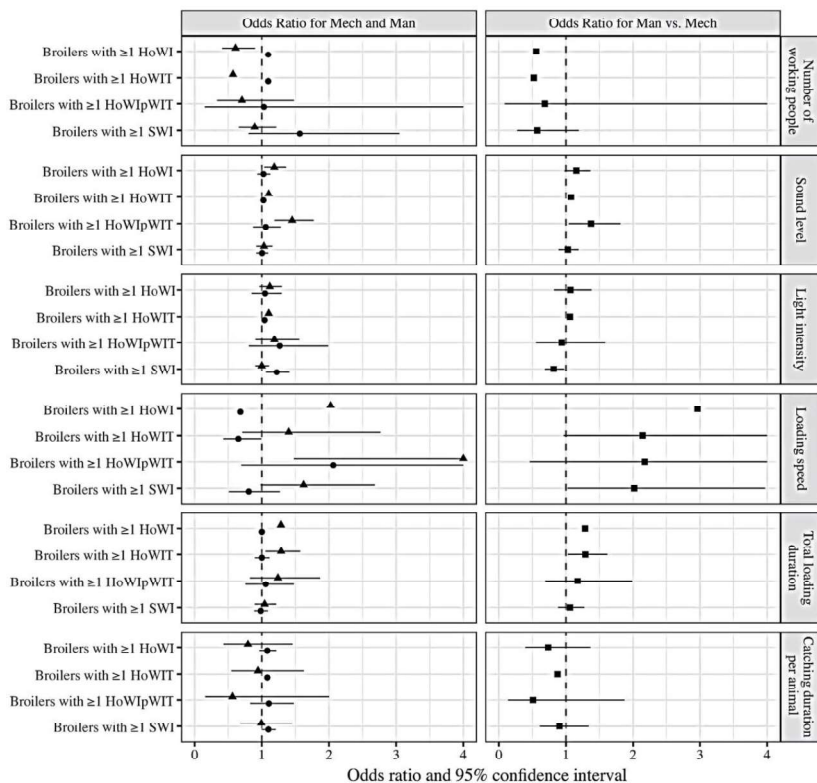


Figure 3. Odds ratios and estimated effects with 95% confidence intervals (bars) for the occurrence of injuries during loading for the mechanical (Mech, circles) and the manual (Man, triangles) catching method (total $n = 24$ loadings). Abbreviations: HoWI, hematoma on wing (including HoWTT and HoWIpWTT); HoWTT, hematoma on wing tip; HoWIpWTT, hematoma on wing proximal to wing tip; EPIoH, epiphysiolysis on humerus; SWI, severe wing injury (fracture or luxation; including epiphysiolysis on humerus).

hematomas was higher during manual than during mechanical loading, and the difference between the loading methods was statistically supported. The barn illumination furthermore showed an association with the occurrence of severe wing injuries (Figure 3). Severe wing injuries increased with increasing light intensity for both loading methods, but with a lower value for manual than for mechanical loading. This difference between the loading methods was statistically supported.

A further factor associated with the number of injured broilers was the number of overall involved working people during loading per 10,000 broilers (Figure 3). During manual loading, an increasing number of involved workers significantly reduced the occurrence of hematoma; during mechanical loading, this effect was

opposite, albeit weaker. In addition, the number of personnel with certified expertise in accordance with § 17 of the German Order on the Protection of Animals and the Keeping of Production Animals (2006) or with comparable expertise was documented. The results considering the expertise of the workers during manual loading are based on only 2 loadings because in all of the other manual loadings, the whole team was certified by our definition. During mechanical loadings, the whole staff was always certified. Owing to the lack of variance, the presence of certification was not further considered in analysis.

For the manual loadings, we found a greater number of broilers DOA in flocks with a higher cumulative mortality as compared with flocks with a lower cumulative

WELFARE OF BROILERS DURING LOADING

5243

mortality during the rearing period (Table 5). This association was statistically supported. A higher deviation from the target stocking rate was associated with a higher chance of DOA after mechanical loading (Table 5). The number of broilers DOA after manual loading was furthermore tendentially greater in flocks that had received ≥ 1 antibiotic treatment during rearing as compared with untreated flocks (Table 5). Another factor that was associated with the number of broilers DOA was the barn illumination during loading (Table 5), with an increase in light intensity increasing the number of broilers DOA. This influence was statistically supported for mechanical loading and was tendential for manual loading (Table 5).

Determining Factors for Epiphysiolyses

The diagnosed severe wing injuries were almost exclusively humeral epiphysiolyses, prompting us to analyze possible factors influencing the occurrence of epiphysiolyses (Figure 4). We found a tendentially greater number of broilers with ≥ 1 humeral epiphysiolysis in female than male broilers for both loading methods (Figure 4). Flocks that had received several antibiotic treatments during rearing had tendentially fewer broilers with ≥ 1 humeral epiphysiolysis than untreated flocks or flocks with only 1 treatment during rearing. Flocks with comparably higher mortality during rearing showed tendentially smaller numbers of broilers with ≥ 1 humeral epiphysiolysis during mechanical loading and manual loading. The association of body weight and flock uniformity with the number of broilers with ≥ 1 humeral epiphysiolysis was marginal and showed opposite tendencies between the 2 catching methods (Figure 4).

DISCUSSION

Injuries

In the presented study, wing tip hematomas were more frequent in mechanically loaded broilers. The occurrence of severe wing injuries was observed in both catching methods and a difference between the 2 catching methods was not observed. The German

Animal Welfare Act (2006) prohibits the infliction of evitable pain, suffering, or injuries to an animal. Thus, physical integrity is an essential element of animal welfare (Botreau et al., 2007; Farm Animal Welfare Council, 2009). In this study, we therefore compared the 2 catching methods by considering the induced injury risk in broilers. To do so, we examined the living broilers on-farm before and immediately after a loading was complete. The examination before loading was used as the baseline. By this examination, we ensured that the broilers of the investigated flocks were not injured before loading. The results of this pre-examination showed that the occurrence of hematomas or fractures during the pre-examination was nearly 0. Thus, we conclude that the minor or severe injuries diagnosed immediately after loading had occurred during the loading process. The results of previous studies on loading-induced injury risk in broilers at slaughter age are often based on the evaluation of injuries assessed on the carcass (de Koning et al., 1987; Lacy and Czarick, 1998; Knierim and Gocke, 2003; Nijdam et al., 2005; Musilová et al., 2013; Langkabel et al., 2015). This could be a problem because the assessed injuries could also have occurred during transport (Cockram and Dulal, 2018) and not only been caused by loading. Therefore, we examined the broilers immediately after loading to make sure that the observed injuries indeed resulted from the loading and not from the following processes, as also stated by Langkabel et al. (2015). This approach is an advantage of our study, although it hampers direct comparisons with the results from the mentioned studies. Because no confounding factors were included in the regression models, the results of this work can only provide directions for future research and may be further analyzed within a more controlled setup.

In the present study, we observed a significantly higher occurrence of hematomas on the wing tip in mechanically loaded broilers than in manually loaded broilers. Our results differ markedly from those of previous studies, although other authors comparing catching methods observed a similar tendency, the differences between the methods were much smaller (Lacy and Czarick, 1998; Nijdam et al., 2005). Knierim and

Table 5. Determining factors for the dead on arrival (DOA) rate.

Variable	DOA					
	Mechanical catching			Manual catching		
	OR	2.5% CI	97.5% CI	OR	2.5% CI	97.5% CI
Cumulative mortality (%)	0.65	0.50	0.85	2.04	1.00	4.17
Antibiotic therapy during rearing (yes/no)	0.40	0.28	0.56	1.73	0.20	5.00
Number of antibiotic treatments during rearing	0.40	0.30	0.54	1.72	0.21	5.00
Deviation from the target stocking rate (number of broilers per drawer)	1.03	1.01	1.05	1.00	0.99	1.00
Total time of loading (hours)	1.05	0.99	1.12	0.70	0.35	1.37
Illumination during loading (lux)	1.39	1.19	1.61	1.26	0.97	1.62
Sound level during loading (dB)	0.97	0.91	1.03	0.89	0.81	0.98

n = 24 loadings.

Abbreviations: CI, confidence interval; OR, odds ratio.

5244

MÖNCH ET AL.

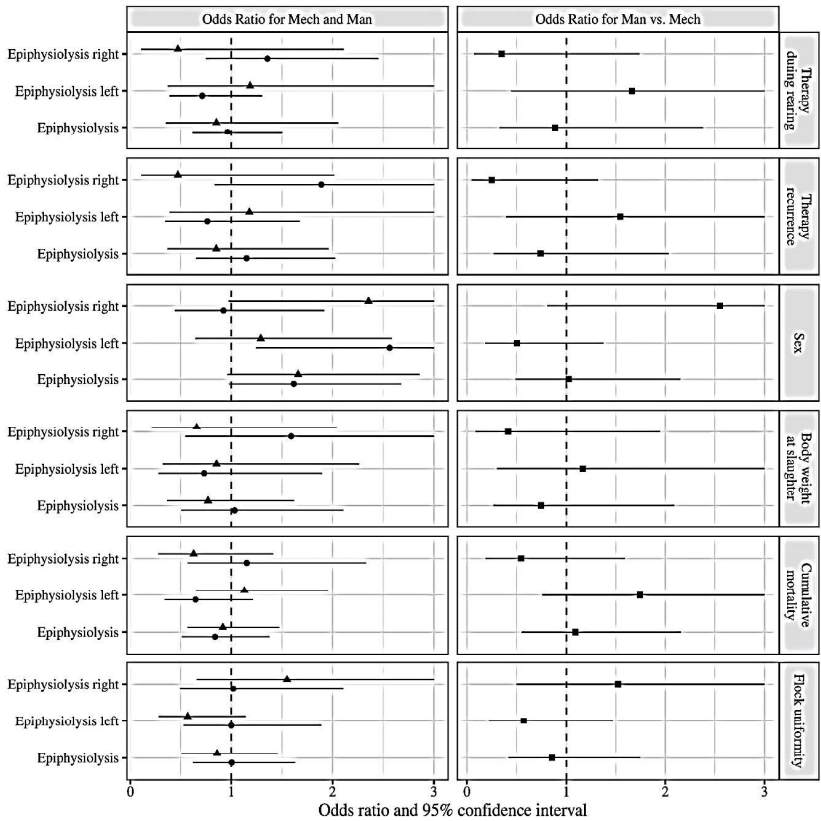


Figure 4. Odds ratios and estimated effects with 95% confidence intervals (bars) for the occurrence of epiphyseolysis on either side of the body during loading with the mechanical (Mech, circles) and the manual (Man, triangles) catching method (total $n = 24$ loadings).

Gocke (2003) observed a larger share of broilers with hematomas during manual loading. One possible explanation for this discrepancy could be that we investigated feathered wings. Hematomas on the underside of feathered wings could be identified easily because this part of the body is only sparsely feathered. Wing flapping or startling reflexes of the broilers during mechanical loading could cause the broilers to hit the conveyor belt with the ventral part of the wings (Wolff et al., 2019). This could explain the higher share of broilers with hematomas on the wing tip during mechanical loading in our study. Other authors suggested that during manual loading by the 2-leg catching method, higher pressure is put on the legs by which the broilers are

caught than on the wings (Langkabel et al., 2015). The legs of the broilers, as well as the rest of the body, were still covered by feathers when examined in our study. Thus, owing to the feather cover, the assessment methods or the fact that it was not possible to perform the presented study in a blinded setting, the lesions caused by the manual method might have been underestimated in our study. Comparability with results from other studies is furthermore limited because the previous studies did not all use the same type of chicken harvester. In addition, hematomas in our study were counted as such when they exceeded a size of 0.5 cm (in diameter). This is very small compared with the size thresholds in other studies and might explain the

WELFARE OF BROILERS DURING LOADING

5245

higher overall occurrence of hematomas (Knierim and Gocke, 2003; Nijdam et al., 2005). Other authors concluded that the risk of injuries during manual loading increases when the personnel is exhausted (Lima et al., 2019). This fact could cause more injuries in broilers being caught toward the end of loading. Owing to technical reasons in doing this examination under field conditions, it was only possible to examine the broilers of the first 2/3 of the barns. This restriction could have caused an underestimation of injuries, especially during manual loading.

Severe wing injuries such as fractures and luxations are a very important welfare indicator because they induce pain in loaded broilers, and therefore care should be taken to avoid these severe injuries (Knierim and Gocke, 2003). In our study, the occurrence of severe injuries (fractures and luxations) did not differ between the 2 loading methods. Knierim and Gocke (2003) found significantly fewer wing fractures (on average 0.66%) in mechanically loaded broilers than in manually loaded broilers (on average 0.77%). By contrast, Musilová et al. (2013) observed a frequency of 0.15% of broilers with broken wings after mechanical loading and 0.03% after manual loading. Because both studies investigated the same harvester as a mechanical loading method, these contrasting results indicate that multiple factors (such as weight and age of the broilers) can influence the occurrence of injuries.

Although mechanical loading with the chicken harvester Apollo Generation 2 is a mostly automated production step, this loading method includes work steps that must be performed manually. For example, the herein used harvester model requires manual height adjustment of the rear end of the caging belt to the container drawer being loaded. During data acquisition, we observed a higher occurrence of severe injuries in mechanically loaded broilers once, namely, when the person adjusting the height was distracted. If the height adjustment is inaccurate, the broilers will bump against the upper, closed drawer before they land in the targeted one. Thus, inaccurate adjustment could be associated with an increased injury risk for the animals. Further automation in this part of the Apollo Generation 2 might reduce the occurrence of injuries. Moreover, Wolff et al. (2019) found an increased risk for wing flapping in this part of the mechanical loading process. The bumping against the upper container drawers must be prevented because it is associated with an increased risk for hematomas (Wolff et al., 2019). In a new version of the Apollo Generation 2, the adjustment of the rear end of the caging belt is automated, and whether this automation can reduce the occurrence of injuries is currently investigated in a further study.

Compared with our study, the numbers of wing bruises after manual loading were much greater in the study by Nijdam et al. (2005). A possible explanation could be differences in the practiced procedure. In our study, the catchers had to grab the broilers by both legs. This requirement may have helped to keep the rate of injuries during manual loading lower than under

common conditions of practice (i.e., 1-leg catching). However, the difference between 1-leg and 2-leg catching during manual loading seems to have much less influence on the injury risk than presumed because Langkabel et al. (2015) did not observe significant differences between these 2 catching methods. Furthermore, it is possible that the catchers in our study knew that the broilers would be examined and thus handled them more carefully than commonly practiced. During 1 loading, we observed that 1 person used the upright method in which broilers are carried by the abdomen as described by Kittelsen et al. (2018). The broilers caught by this person showed less wing flapping (Wolff et al., 2019). However, because this was only a single observation of 1 of the catchers, no association concerning the injuries could be identified. The upright catching and missing human contact during mechanical harvesting are assumed to be among the advantages of mechanical loading (Lacy and Czarick, 1998; Knierim and Gocke, 2003; Wolff et al., 2019).

Injuries occurring during loading are considered a risk factor for higher losses in terms of animals arriving dead at the processing plant (Bayliss and Hinton, 1990; Nijdam et al., 2006; Kittelsen et al., 2015; Jacobs et al., 2017a). Our study showed an average total DOA rate of 0.11% as registered at the processing plant. Other studies reported DOA rates with on average 0.12 to 0.54% (Knierim and Gocke, 2003; Nijdam et al., 2004; Drain et al., 2007; Haslam et al., 2008; Chauvin et al., 2011; Freitas et al., 2016; Jacobs et al., 2017a).

Considering each catching method separately, we found an average DOA rate of 0.16% for mechanical loading and 0.06% for manual loading. These results agree with Chauvin et al. (2011), who also found a significantly higher DOA rate in mechanically than in manually loaded flocks. Other authors observed a similar trend, but without consistent statistical differences between mechanical and manual loading (Knierim and Gocke, 2003; Nijdam et al., 2005). The DOA rates reported by Nijdam et al. (2005) after mechanical loading were about twice as high and the DOA rates after manual loading also much higher than those in our study.

One explanation for the greater number of broilers DOA after mechanical loading than after manual loading could be that the harvester, in contrast to the catchers, cannot differentiate between living and dead animals in the barn. Thus, it is possible that the harvester collects and loads dead animals that later are recorded as DOA at the processing plant. In the examined mechanically loaded containers after loading, 1 dead broiler was found. By contrast, the catchers would leave dead animals in the barn.

Stocking Rate in Container Drawers

Previous studies showed that the stocking rate in the container drawers during transport can have a significant influence on the number of broilers DOA at the processing plant (Nijdam et al., 2004; Whiting et al., 2007;

Chauvin et al., 2011; Caffrey et al., 2017). Therefore, it is important that the stocking rate in the container drawers can be controlled precisely (in accordance with kilograms per drawer) and adjusted during the loading process. In the present study, the average stocking rate in the manually loaded drawers was significantly higher than in the mechanically loaded ones. After mechanical loading, a drawer contained on average 1.16 fewer animals than required in accordance with the target stocking rate prescribed by the processing plant. During manual loading, the catchers control the stocking rate by counting the loaded animals. The loading of the drawers is based on animals per drawer as prescribed by the processing plant after extrapolation of the expected average weight of the flock on the day of slaughter. Thus, an adjustment due to higher or lower actual weight is hardly possible during the manual loading process. By contrast, during mechanical loading, the harvesting machine controls the stocking rate per drawer and per container in accordance with the actual loaded weight. Thus, the loading is performed based on kilograms per drawer, and the number of broilers per drawer can be adjusted anytime to the actual loaded animal weight. Possibly, the flocks on the day of slaughter were heavier than expected based on the weight data that had been used for extrapolation by the processing plant. This assumption is supported by our finding that only 12% of the mechanically loaded drawers met the target stocking rate, whereas almost 62% contained fewer animals than required. In addition, the average body weight can vary between the different areas of the barn. This weight variance within the barn and differing broiler densities on the conveyor belts of the harvester can influence the stocking rate in the containers. Consequently, the number of broilers can vary much more than during manual loading.

Overstocking of the drawers can influence the losses during transport to the processing plant (Nijdam et al., 2004; Whiting et al., 2007; Chauvin et al., 2011). However, understocking can also lead to an increased DOA risk (Caffrey et al., 2017). The influence of understocking on the number of broilers DOA seemed to be most significant at extreme temperatures below freezing.

General Conditions During Loading

In the present study, we analyzed relationships between the variables catching duration per animal, loading speed, and total loading duration. For mechanical loading, we found a tendentially positive correlation between a longer catching duration per animal and a longer total loading duration. At the same time, the loading speed decreased with longer catching duration per animal. Because we calculated the variable catching duration per animal based on the speed and length of the conveyor belts, a longer catching duration per animal practically corresponds to a slower speed of the conveyor belts. Therefore, the detected trend could indicate that the speed of the conveyor belts can influence the loading speed and the total loading duration during mechanical

loading. However, the assumption that a slower speed of the conveyor belts causes a slower loading speed and thus a longer total loading duration contradicts previous observations that revealed no detectable relationship between speed of the conveyor belts and total loading duration, as concluded by observations of a speed of conveyor belts ranging from 1.4 to 1.6 m/s to 0.8 to 1.2 m/s (Knierim and Gocke, 2003). Furthermore, the detected trend should be interpreted with caution because the sample size in the present study was very small, resulting in relatively wide CIs and small effect sizes. Further studies would be necessary to allow more precise statements. For manual loading, we did not find a comparable trend. Here, multiple factors possibly influence the loading speed and total loading duration. The catching duration per animal during manual loading shows how many seconds a catcher needs on average to deposit the broilers in a drawer. Another critical factor for the loading speed expressed as animals per hour is the communication between the catchers and the forklift driver, who removes the full containers and brings empty ones, and this factor is relevant for both loading methods. If this container exchange takes long, it will likely slow down the loading speed and prolong the total loading duration.

Determining Factors for Injuries and DOA Rates

Besides the loading method itself, we focused on examining external circumstances during loading as possible factors influencing the occurrence of injuries in the presented study. We assessed, *inter alia*, the influence of catching duration per animal on the occurrence of wing tip hematomas. While a longer catching duration per animal was associated with a greater number of broilers with ≥ 1 wing tip hematoma during mechanical loading, it tended to reduce this number during manual loading. The difference between the loading methods was statistically supported. It possibly can be attributed to the differing circumstances for the broilers during handling. For mechanical loading, a longer catching duration per animal means a longer time being on the conveyor belts. When the broilers flap their wings in response to the moving belt, the wing tips hit the belt. This impact can cause hematomas, especially on the wing tips. By contrast, during manual loading, a longer catching duration per animal could be associated with a greater distance of the catchers to the container. This greater distance might lead to a less forceful arm movement during deposition of the broilers in the drawers, thus possibly lowering the injury risk. Another explanation for lowering the injury risk could be that a longer catching duration per animal during manual loading is caused by a slower and more careful handling of the broilers.

The loading speed was also associated with the occurrence of injuries in the present study. An increase in loading speed during mechanical loading was associated

WELFARE OF BROILERS DURING LOADING

5247

with a smaller number of broilers with ≥ 1 wing hematoma. Multiple factors can influence the loading speed calculated as animals per hour. In general, temporary interruptions for technical reasons, lack of arrangement between involved personnel, short breaks, or waiting for the next truck can reduce the loading speed. For mechanical loading, the loading speed may also depend on the speed of the conveyor belts. However, a previous study showed that more practice in operating the machine can lead to an increase in the loading speed in spite of a constant speed of the conveyor belts (Knierim and Gocke, 2003). In the same study, Knierim and Gocke (2003) observed that a decrease in belt speed from 1.4 to 1.6 m/s to 0.8 to 1.2 m/s did not necessarily lead to an increase in loading duration. Therefore, we conclude that other factors besides the speed of the conveyor belts can influence the loading speed. If the loading time per animal (speed of conveyor belt) is not the main factor determining the loading speed (animals per hour), frequent interruptions of the loading process are possibly responsible for a reduced loading speed. Thus, a slower loading speed may be explained by more stops of the conveyor belts during mechanical loading. The starting of the belts after a stop can provoke wing flapping, likely explaining the increased injury risk in case of frequent stops and starts. Thus, the injury risk may decrease with increasing loading speed because the belts less often stop and start. By contrast, during manual loading, we found an increased loading speed to be associated with an increased injury risk in terms of wing hematomas. The faster loading speed may have been associated with a less careful and more hectic handling of the broilers by the catchers (Cockram and Dulal, 2018).

Jacobs et al. (2017b), who examined manual and mechanical loading, could demonstrate a relationship between longer total loading duration and increase in injury risk. They found a positive correlation between increase in wing fractures and increase in loading duration. In our study, there was no association between the total loading duration during mechanical loading and the injury risk. By contrast, during manual loading, the risk for the occurrence of wing hematomas and tendentially for the occurrence of fractures increased when the loading duration increased. This finding might be explained by fatigue of the catchers, which can result in less careful handling of the animals (Kettlwell and Mitchell, 1994; Lacy and Czarick, 1998; Cockram and Dulal, 2018).

Further factors that influenced the occurrence of injuries in our study included the exposure to high sound levels and light intensities in the barn during loading. It is possible that these stimuli trigger a flight response in the animals, leading to more defense movements. However, higher sound levels were observed in mechanically loaded flocks, which had larger flock sizes than the manually loaded flocks in our study. The greater number of birds could also have caused the higher sound level compared with the smaller flocks of the manual loadings. A previous study on the behavior of broilers at various light intensities showed that the broilers were calmed

down by low light intensities compared with high light intensities (Kristensen et al., 2006). Other authors also found light intensity to determine the level of activity in broilers and, furthermore, to influence the intensity of defense movements (Jones et al., 1998; Cockram and Dulal, 2018). In the study by Jones et al. (1998), the observed broilers on a processing line struggled much more when the illumination was higher compared with lower light intensities. Nijdam et al. (2004) observed a higher incidence of injuries during daytime loadings than during nighttime loadings. The higher injury risk during daytime loadings agrees with findings from other studies (Taylor and Helbacka, 1968; Cockram and Dulal, 2018). A possible reason could be the higher light intensity during the day. However, Jacobs et al. (2017b) reported contrasting results, with a lower injury risk during daytime transports than during nighttime transports. In our study, the difference of actual to target stocking rate in the drawer was not associated with the prevalence of injuries. This could be a consequence of the fact that we investigated the broilers directly after loading and the influence would only be present if the broilers were examined after transport.

Besides the mentioned factors, we found that a greater number of overall involved working people per 10,000 broilers during manual loading was strongly associated with a lower occurrence of hematomas on the wing. The effect during mechanical loading was opposite, albeit weaker. We additionally evaluated how many persons involved in the loading process had officially certified expertise by a veterinary office (includes agricultural education or schooling with exam by veterinary office) (§ 17, German Order on the Protection of Animals and the Keeping of Production Animals, 2006). If farm staff is loading the broilers, the mentioned certification is not required, and an instruction by legitimated persons (e.g., the farmer or another person with a certification comparable with the expertise of the farmer) is sufficient. The chicken harvester was operated by the farmers; thus, all persons involved in the mechanical loadings had been certified in accordance with § 17 of the German Order on the Protection of Animals and the Keeping of Production Animals (2006). During manual loading, only in 2 loadings not all involved staff had a certification. Therefore, we focus on the number of working people per 10,000 broilers. The association of a greater number of workers per 10,000 broilers with a lower occurrence of hematomas during manual loading should be considered in combination with the association of the total loading duration with the number of injuries and the association of the total loading duration with the number of workers per 10,000 broilers. Thus, the occurrence of hematomas could probably be reduced by involving more personnel or by reducing the number of loaded broilers. During mechanical loading, overall less personnel is needed than manual loading. If the farmers own and operate a mechanical harvester themselves, they can control and affect the way of loading more, than if a commercial catching crew is paid for manual loading.

The number of broilers DOA is not only an important indicator of the welfare of broilers on their way from the farm to the processing plant (Jacobs et al., 2017a; Cockram and Dulal, 2018) but also it represents economic loss (Aral et al., 2014; Ramakrishnan et al., 2018). Numerous previous studies dealt with the possible causes of broilers DOA and identified various factors of influence (Nijdam et al., 2004; Haslam et al., 2008; Chauvin et al., 2011; Kittelsen et al., 2015; Jacobs et al., 2017a). The most frequently mentioned risk factors for broilers DOA include the body weight of the animals at slaughter (Nijdam et al., 2004; Haslam et al., 2008; Chauvin et al., 2011; Caffrey et al., 2017), the weather, certain outside temperature ranges, and the season (Nijdam et al., 2004; Warriss et al., 2005; Petracci et al., 2006; Whiting et al., 2007; Haslam et al., 2008; Chauvin et al., 2011; Elsayed, 2014; Freitas et al., 2016; Caffrey et al., 2017). Furthermore, the management of procedures before slaughter and transport, such as duration of feed withdrawal before loading, duration of transport, and duration of lairage at the processing plant, can significantly influence losses caused by broilers DOA (Nijdam et al., 2004; Vecerek et al., 2006; Oba et al., 2009; Chauvin et al., 2011; Aral et al., 2014; Elsayed, 2014; Caffrey et al., 2017; Kittelsen et al., 2017; Ramakrishnan et al., 2018). Other reported factors that influence DOA rates include flock size (Nijdam et al., 2004; Chauvin et al., 2011; Kittelsen et al., 2017) and cumulative mortality during rearing (Whiting et al., 2007; Haslam et al., 2008; Chauvin et al., 2011). In our study, higher cumulative mortality during rearing led to an increased risk for broilers DOA after manual loading. Furthermore, manually loaded flocks that had received ≥ 1 antibiotic treatment during rearing tended to show a higher DOA rate than the untreated ones. A possible explanation is that the necessity for antibiotic therapy and the higher mortality can indicate poor flock health. Nijdam et al. (2006) found that 90% of the examined broilers DOA had pre-existing conditions such as laryngitis, tracheitis, fibrous polyserositis or purulent arthritis. An association of deviation from the target stocking rate with the number of broilers DOA was observed in mechanical loading. This influence of overstocking or understocking of container drawers on the DOA rate was also observed by other authors (Nijdam et al., 2004; Whiting et al., 2007; Chauvin et al., 2011; Caffrey et al., 2017).

Higher light intensity during loading in the present study was associated with greater numbers of broilers DOA, tendentially for manual and statistically supported for mechanical loading. Nijdam et al. (2004) found a greater number of broilers DOA for daytime loadings than for nighttime loadings. Besides differences in temperature between day and night (Nijdam et al., 2004), differences in light intensity could also explain the influence of the time of day at loading on DOA rates. During loadings at high light intensity, the broilers might suffer injuries resulting from high levels of defense behavior. These injuries, in turn, would increase the mortality risk during transport.

Determining Factors for Epiphysiolyses

In the present study, epiphysiolysis of the distal humerus was the most frequently diagnosed type of wing fracture. All broilers with a fracture or luxation (diagnosed by palpation) were subjected to a complete pathological examination and histology after death. From human medicine, we know that different forms of humeral epiphysiolysis exist (Peterson, 2007). All herein diagnosed cases of epiphysiolysis showed complete separation in accordance with "Salter-Harris type I" in the classification scheme of Peterson (2007). A comparable form of epiphysiolysis in broilers frequently occurs on the femoral head of the pelvic extremity (Julian, 1998; McNamee and Smyth, 2000; Julian, 2005; Wideman Jr. et al., 2012; Prisby et al., 2014). The broilers examined in the present study were Ross 308 broilers, a fast-growing breed. Authors previously pointed out a possible relationship between frequent occurrence of abnormal skeletal development and the use of fast-growing broiler hybrids with high rates of daily weight gain (Bradshaw et al., 2002; Wideman and Prisby, 2013). Olkowski et al. (2011) showed that abnormal skeletal development occurs especially in fast-growing broiler hybrids. Possibly, abnormal development of the epiphyseal plate caused by fast growth could result in reduced humeral stability. Such instability would be without consequences due to low mechanical stress during rearing. However, our histological findings did not reveal abnormal signs of development of the epiphyseal plates in the examined broilers or frequent occurrences of femoral head necrosis. Furthermore, body weight and flock uniformity were not notably associated with the occurrence of epiphysiolyses in the present study. A possible cause for the herein observed humeral epiphysiolyses could be that the epiphyseal plate in broilers at slaughter age is not yet physiologically closed. It is mentioned in the literature that the ossification of bones in birds is finished 190 d after hatching (Martin and Ritchie, 1994). During loading, the increased mechanical stress caused by contractions of the strong chest muscles during wing flapping could therefore lead to a fracture at the locus minoris resistentiae, which represents the still unossified epiphyseal plate.

A tendentially reduced occurrence of epiphysiolyses during loading in the flocks that had received antibiotic treatment(s) more than once during rearing was observed in our study. For the growth plate of the femur, researchers have suggested that pre-existing pathological alterations, caused for example by mechanical damage, can promote local bacterial colonization (Bradshaw et al., 2002; Dinev, 2012; Wideman and Prisby, 2013; Prisby et al., 2014). Bacterial colonization implies additional weakening of the tissue in the growth plate and could explain our results. In addition, regardless of the loading method, the flocks with higher on-farm mortality rates tendentially had a smaller share of broilers with epiphysiolysis after loading. The recorded higher on-farm mortality rates could be the result of more deliberate selective culling before loading (Jacobs et al.,

WELFARE OF BROILERS DURING LOADING

5249

2017a). This, in turn, could lead to a smaller share of sick broilers with a potential predisposition for epiphysiolysis during loading and transport. After mechanical loading, we furthermore found female broilers to be tendentially at higher risk than male broilers for epiphysiolysis. Possibly, hormonal differences between female and male broilers cause differences in skeletal development, along with an increased risk for epiphyseal rupture in female broilers. However, this assumption contrasts with previous findings on the incidence of abnormal skeletal development, showing male broilers to be much more affected than female broilers (Bradshaw et al., 2002).

CONCLUSION

In our study, a significantly smaller number of broilers with hematomas (≥ 0.5 cm in diameter) on the wing were observed after manual loading than after mechanical loading using the Apollo Generation 2. The number of broilers with severe wing injuries, such as fractures, was not significantly different between the 2 loading methods. Furthermore, the number of broilers DOA was greater in mechanically than in manually loaded flocks, but lower than in comparable studies. One advantage of the manual loading, compared with mechanical loading, might be that dead broilers in the barn are recognized and removed during loading and therefore not loaded with the living birds. Although the incidence of wing hematomas was higher in mechanically than in manually loaded flocks, our results indicate that the choice of loading method alone does not determine the injury risk. During our study, an increased injury risk in both methods was associated with higher sound level and higher light intensity during loading. By contrast, catching duration per animal, total loading duration, and loading speed tendentially had opposite effects on injury risk in the 2 loading methods. In both loading methods, the total loading duration was strongly correlated with the number of working people per 10,000 broilers and the number of loaded broilers. A longer total loading duration in manual loadings was associated with a significant increase in injury risk in terms of wing hematomas. Furthermore, the involvement of more working people per 10,000 broilers during manual loading was associated with a lower occurrence of hematomas. This finding indicates increasing fatigue of the catchers and thus a less careful handling of the animals. The total loading duration in mechanical loadings had no notable influence on the injury risk. Therefore, it could be concluded that physical conditions of the involved personnel might play a larger role in manual than in mechanical loading. However, our study also indicated aspects that should be optimized in the tested Apollo Generation 2 chicken harvester. The transition of the animals from the caging belt into the transport container might represent a critical point and a crucial risk area for the occurrence of injuries. This risk arises because the rear end of the caging belt of the harvester must be adjusted manually to the height of the container drawer that is to be loaded. Inaccurate adjustment by, for

example, distracted personnel can bear injury risk to the broilers, which was observed once during our investigation. Further development regarding the height adjustment of the rear end of the caging belt to the level of the targeted container drawer would mitigate a crucial risk area. One advantage of the examined chicken harvester is that it can control the stocking rate in the drawers in accordance with the body weight of the loaded broilers. Therefore, compared with manual loading, there is a better possibility to adapt the stocking rate in the drawers to changes in body weight before slaughter. Furthermore, loading with the mechanical harvester is less influenced by the physical condition (fatigue) of the working staff, which may result in less careful handling of the broilers during manual loading. In overall view of our results, we conclude that multiple factors besides the loading method are associated with broiler welfare during loading.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank Dr. Verena Lietze for translation and scientific language editing. The authors gratefully acknowledge the farmers who provided access to their broiler farms and the loading personnel who allowed conducting the examinations. Furthermore, the authors particularly thank Martin Gotthart for his helpful support during the examinations and the selection of the farms and Dr. Josef Bachmeier for his support. They also thank the pathology department of the Bavarian Animal Health Service "Tiergesundheitsdienst, Bayern e. V." for the dissections of the selected animals. The project was financially supported by the Bavarian State Ministry of the Environment and Consumer Protection through the Bavarian Health and Food Safety Authority (K3-2533-PN 16-24). We acknowledge financial support by Deutsche Forschungsgemeinschaft and Universität Rostock within the funding programme Open Access Publishing.

Ethical Approval: The work described in this article with research on live animals was conducted in accordance with the principles and specific guidelines presented by the institutional animal care and use committee (IACUC). All animals examined in this study were housed under conditions that comply with all governmental requirements; the loadings examined were performed within standard procedures used in conventional housing and loading of broilers.

Conflict of Interest Statement: The authors wish to confirm that there are no known conflicts of interest associated with this publication.

REFERENCES

- Aral, Y., M. S. Arıkan, A. C. Akin, C. Y. Kaya Kuyulu, S. C. Güloğlu, and E. Sakarya. 2014. Economic losses due to live weight shrinkage and mortality during the broiler transport. *Vet. Fak. Derg.* 61:205–210.
- Bayliss, P. A., and M. H. Hinton. 1990. Transportation of broilers with special reference to mortality rates. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 28:93–118.

- Bessei, W. 2006. Welfare of broilers: a review. *World Poult. Sci. J.* 62:455–466.
- Botreau, R., I. Veissier, A. Butterworth, M. B. M. Bracke, and L. J. Keeling. 2007. Definition of criteria for overall assessment of animal welfare. *Anim. Welf.* 16:225–228.
- Bradshaw, R. H., R. D. Kirkden, and D. M. Broom. 2002. A review of the aetiology and pathology of leg weakness in broilers in relation to welfare. *Avian Biol. Res.* 13:45–103.
- Caffrey, N. P., I. R. Doboo, and M. S. Cockram. 2017. Factors affecting mortality risk during transportation of broiler chickens for slaughter in Atlantic Canada. *Prev. Vet. Med.* 147:199–208.
- Chauvin, C., S. Hilion, L. Balane, V. Michel, J. Perasse, I. Petetin, C. Lupo, and S. Le Bouquin. 2011. Factors associated with mortality of broilers during transport to processing plant. *Animal* 5:287–293.
- Cockram, M. S., and K. J. Dalal. 2018. Injury and mortality in broilers during handling and transport to slaughter. *Can. J. Anim. Sci.* 98:416–432.
- Council Regulation (EC). 2004. Council Regulation (EC). Pages 1–44 in No 1/2005 of 22 December 2004 on the protection of animals during transport and related operations and amending Directives 64/432/EEC and 93/119/EC and Regulation (EC) No 1255/97, OJ L 3, 5.1.2005. Accessed Aug. 2020. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32005R0001&from=EN>.
- Dinev, I. 2012. Leg weakness pathology in broiler chickens. *J. Poult. Sci.* 49:63–67.
- Drain, M. F., T. L. Whiting, D. P. Rasali, and V. A. D'Angiolo. 2007. Warm weather transport of broiler chickens in Manitoba. I. Farm management factors associated with death loss in transit to slaughter. *Can. Vet. J.* 48:76–80.
- Elsayed, M. A. 2014. Effects of length of shipping distance and season of the year temperature stress on death rates and physiological condition of broilers on arrival to processing plant. *J. Nucl. Tech. Appl. Sci.* 2:453–463.
- Farm Animal Welfare Council. 2009. Farm animal welfare in Great Britain: past, present and future. Farm animal welfare Council report explaining farm animal welfare assessment and proposing future policy priorities. Accessed March 2020. <https://www.gov.uk/government/publications/fawo-report-on-farm-animal-welfare-in-great-britain-past-present-and-future>.
- Freitas, A. S., L. M. Carvalho, A. L. Soares, A. C. de S. Neto, M. S. Madruga, R. H. Carvalho, E. I. Ida, and M. Shimokomaki. 2016. Simultaneous occurrence of broiler chicken hyper and hypothermia in-transit and lairage and death on arrival (DOA) index under tropical climate. *Int. J. Poult. Sci.* 15:459–466.
- German Animal Welfare Act. 2006. Amended and Promulgated on May 18th, 2006, Last Changed on December 17th, 2018. Accessed Aug. 2020. <http://www.gesetze-im-internet.de/tierschg/BjNR012770972.html>.
- German Order on the Protection of Animals and the Keeping of Production Animals. 2006. Amended and Promulgated on August 22nd, 2006, Last Changed on June 30th, 2017. Accessed Aug. 2020. <https://www.gesetze-im-internet.de/tierschutz/BjNR275800001.html>.
- Haslam, S. M., T. G. Knowles, S. N. Brown, L. J. Wilkins, S. C. Kestin, P. D. Warriss, and C. J. Nicol. 2008. Prevalence and factors associated with it, of birds dead on arrival at the processing plant and other rejection conditions in broiler chickens. *Br. Poult. Sci.* 49:685–696.
- Havenstein, G. B., P. R. Ferket, and M. A. Qureshi. 2003. Growth, livability, and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poult. Sci.* 82:1500–1508.
- Jacobs, L., E. Delezie, L. Duchateau, K. Goethals, and F. A. M. Tuytens. 2017a. Broiler chickens dead on arrival: associated risk factors and welfare indicators. *Poult. Sci.* 96:259–265.
- Jacobs, L., E. Delezie, L. Duchateau, K. Goethals, and F. A. M. Tuytens. 2017b. Impact of the separate pre-slaughter stage on broiler chicken welfare. *Poult. Sci.* 96:266–273.
- Jones, R. B., D. G. Satterlee, and G. G. Cadd. 1998. Struggling responses of broiler chickens shackled in groups on a moving line: effects of light intensity, hoods, and 'curtains'. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 58:341–352.
- Julian, R. J. 1998. Rapid growth problems: ascites and skeletal deformities in broilers. *Poult. Sci.* 77:1773–1780.
- Julian, R. J. 2005. Production and growth related disorders and other metabolic diseases of poultry – a review. *Vet. J.* 169:350–369.
- Kettlewell, P. J., and M. A. Mitchell. 1994. Catching, handling and loading of poultry for road transportation. *World Poult. Sci. J.* 50:54–56.
- Kettlewell, P. J., and M. J. B. Turner. 1985. A review of broiler chicken catching and transport systems. *J. Agr. Eng. Res.* 31:93–114.
- Kittelsen, K. E., E. G. Granquist, A. L. Aunsmo, R. O. Moe, and E. Tolo. 2018. An evaluation of two different broiler catching methods. *Animals* 8:1–9.
- Kittelsen, K. E., E. G. Granquist, Ø. Kolbjørnsen, O. Nafstad, and R. O. Moe. 2015. A comparison of post-mortem findings in broilers dead-on-farm and broilers dead-on-arrival at the abattoir. *Poult. Sci.* 94:2622–2629.
- Kittelsen, K. E., R. O. Moe, K. Hoel, Ø. Kolbjørnsen, O. Nafstad, and E. G. Granquist. 2017. Comparison of flock characteristics, journey duration and pathology between flocks with a normal and a high percentage of broilers 'dead-on-arrival' at abattoirs. *Animal* 11:2301–2308.
- Knierim, U., and A. Gocke. 2003. Effect of catching broilers by hand or machine on rates of injuries and dead-on-arrivals. *Anim. Welf.* 12:63–73.
- de Koning, K., A. R. Gerrits, and A. Migchels. 1987. Mechanized harvesting and transport of broilers. *J. Agr. Eng. Res.* 38:105–111.
- Kristensen, H. H., J. M. Aerts, T. Leroy, C. M. Wathes, and D. Berckmans. 2006. Modelling the dynamic activity of broiler chickens in response to step-wise changes in light intensity. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 101:125–143.
- Lacy, M. P., and M. Czarick. 1998. Mechanical harvesting of broilers. *Poult. Sci.* 77:1794–1797.
- Langkabel, N., M. P. O. Baumann, A. Feiler, A. Sanguankiat, and R. Fries. 2015. Influence of two catching methods on the occurrence of lesions in broilers. *Poult. Sci.* 94:1735–1741.
- Lima, de V. A., M. C. Ceballos, N. G. Gregory, and M. J. R. Paranhos Da Costa. 2019. Effect of different catching practices during manual upright handling on broiler welfare and behavior. *Poult. Sci.* 98:4252–4259.
- Lund, V. P., N. C. Kyvsgaard, J. P. Christensen, and M. Disgaard. 2013. Pathological manifestations observed in dead-on-arrival broilers at a Danish abattoir. *Br. Poult. Sci.* 54:430–440.
- Maria, G. A. 2006. Public perception of farm animal welfare in Spain. *Livest. Sci.* 103:250–256.
- Martin, H., and B. W. Ritchie. 1994. Orthopedic surgical techniques. Pages 1137–1170 in *Avian Medicine: Principles and Application*. B. W. Ritchie, G. J. Harrison, and L. R. Harrison, eds. Wingers Pub, Lake Worth, FL.
- McNamee, P. T., and J. A. Smyth. 2000. Bacterial chondronecrosis with osteomyelitis ('femoral head necrosis') of broiler chickens: a review. *Avian Pathol.* 29:477–495.
- Musilová, A., V. Kadlčáková, and M. Lichovníková. 2013. The effect of broiler catching method on quality of carcasses. *Mendel Net* 2013:251–255.
- Nijdam, E., P. Arens, E. Lambooji, E. Decuyper, and J. A. Stegeman. 2004. Factors influencing bruises and mortality of broilers during catching, transport, and lairage. *Poult. Sci.* 83:1610–1615.
- Nijdam, E., E. Delezie, E. Lambooji, M. J. A. Nabuurs, E. Decuyper, and J. A. Stegeman. 2005. Comparison of bruises and mortality, stress parameters, and meat quality in manually and mechanically caught broilers. *Poult. Sci.* 84:467–474.
- Nijdam, E., A. R. M. Zailan, J. H. H. van Eck, E. Decuyper, and J. A. Stegeman. 2006. Pathological features in dead on arrival broilers with special reference to heart disorders. *Poult. Sci.* 85:1303–1308.
- Olkowski, A. A., B. Laarveld, C. Wojnarowicz, M. Chirino-Trejo, D. Chapman, T. W. Wysokinski, and L. Quaroni. 2011. Biochemical and physiological weaknesses associated with the pathogenesis of femoral bone degeneration in broiler chickens. *Avian Pathol.* 40:639–650.
- Obs, A., M. de Almeida, J. W. Pinheiro, E. I. Ida, D. F. Marchi, A. L. Soares, and M. Shimokomaki. 2009. The effect of management of transport and lairage conditions on broiler chicken breast meat quality and DOA (death on arrival). *Braz. Arch. Biol. Techn.* 52:205–211.

WELFARE OF BROILERS DURING LOADING

5251

- Peterson, H. A. 2007. Distal humerus. Pages 422–518 in *Epiphyseal Growth Plate Fractures*. H. A. Peterson, ed. Springer, Berlin, Heidelberg, Germany.
- Petracci, M., M. Bianchi, C. Caveni, P. Gaspari, and A. Lavazza. 2006. Preslaughter mortality in broiler chickens, turkeys, and spent hens under commercial slaughtering. *Poult. Sci.* 85:1660–1664.
- Prisby, R., T. Menezes, J. Campbell, T. Benson, E. Samraj, I. Pevzner, and R.F. Wideman, Jr. 2014. Kinetic examination of femoral bone modelling in broilers. *Poult. Sci.* 93:1122–1129.
- Ramakrishnan, C., R. N. Babu, V. Appa Rao, R. J. J. Abraham, P. T. Gnanaraj, S. W. Ruban, and K. Bhaskar. 2018. Economic loss due to live weight shrinkage and mortality during broiler transport in summer and winter season in Chennai city. *Int. J. Chem. Stud.* 6:816–819.
- R Core Team. 2018. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Accessed Oct. 2018. <https://www.R-project.org/>.
- Taylor, M. H., and N. V. L. Helbacka. 1968. Field studies of bruised poultry. *Poult. Sci.* 47:1166–1169.
- Tuytens, F., F. Vanhonacker, and W. Verbeke. 2014. Broiler production in Flanders, Belgium: current situation and producers' opinions about animal welfare. *World Poult. Sci. J.* 70:343–354.
- Vanhonacker, F., W. Verbeke, E. Van Poucke, and F. A. M. Tuytens. 2008. Do citizens and farmers interpret the concept of farm animal welfare differently? *Livest. Sci.* 116:126–136.
- Vecerek, V., E. Gribalova, E. Voslarova, B. Janackova, and M. Malena. 2006. Effects of travel distance and the season of the year on death rates of broilers transported to poultry processing plants. *Poult. Sci.* 85:1881–1884.
- Warriss, P. D., A. Pagazaurtundua, and S. N. Brown. 2005. Relationship between maximum daily temperature and mortality of broiler chickens during transport and lairage. *Br. Poult. Sci.* 46:647–651.
- Whiting, T. L., M. E. Drain, and D. P. Rasali. 2007. Warm weather transport of broiler chickens in Manitoba. II. Truck management factors associated with death loss in transit to slaughter. *Can. Vet. J.* 48:148–154.
- Wideman, Jr., R.F., K. R. Hamal, J. M. Stark, J. Blankenship, H. Lester, K. N. Mitchell, G. Lorenzoni, and I. Pevzner. 2012. A wire-flooring model for inducing lameness in broilers: evaluation of probiotics as a prophylactic treatment. *Poult. Sci.* 91:870–883.
- Wideman, R. F., and R. D. Prisby. 2013. Bone circulatory disturbances in the development of spontaneous bacterial chondronecrosis with osteomyelitis: a translational model for the pathogenesis of femoral head necrosis. *Front. Endocrinol. (Lausanne)* 3:183.
- Wolff, I., S. Klein, E. Rauch, M. Erhard, J. Mönch, S. Härtle, P. Schmidt, and H. Louton. 2019. Harvesting-induced stress in broilers: comparison of a manual and a mechanical harvesting method under field conditions. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 221:104877.

V. ERWEITERTE ERGEBNISSE

1. Erfassung fangbedingter Verletzungen beim Masthuhn

Die Erfassung von fangbedingten Verletzungen erfolgte auf drei Ebenen. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 4 dargestellt. Zunächst wurden die Tiere prä mortal direkt nach der Verladung noch auf dem Betrieb untersucht. Zusätzlich erfolgten zwei post mortale Untersuchungen am Schlachthof. Diese wurden einmal visuell durch einen Tierarzt und einmal mit Hilfe der am Schlachtband fest installierten Iris-Kamera durchgeführt.

Tabelle 4: Erfasste Verletzungen auf den drei Untersuchungsebenen, mit und ohne Differenzierung nach Fangmethode (FM = Fangmaschine (Apollo Generation 2); MA = Manueller Fang; VU = Voruntersuchung; HU = Hauptuntersuchung; Betrieb = Untersuchung auf dem Betrieb; S-Hof_vis = Schlachthof visuell; S-Hof_Iris = Schlachthof Iris-Kamera-basiert; Ø = Mittelwert; SD = Standardabweichung; min = minimal; max = maximal).

Untersuchungsebene		Verletzungsvariable															
		Hämatom Flügel				Hämatom Bein				Hämatom Rumpf				Fraktur/Luxation Flügel mit Hämatom			
		Ø	SD	min	max	Ø	SD	min	max	Ø	SD	min	max	Ø	SD	min	max
FM+	VU Betrieb	0,02	0,10	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,10	0,00	0,50	0,04	0,14	0,00	0,50
MA (n=24)	HU Betrieb	4,66	3,86	0,00	13,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,13	0,00	0,44	1,18	0,61	0,39	3,15
	S-Hof_vis	5,57	3,26	1,29	11,33	2,36	2,46	0,28	12,57	0,71	0,44	0,19	2,00	2,89	1,57	0,37	5,17
	S-Hof_Iris	17,47	4,08	12,64	26,28	5,83	2,54	2,07	13,25	1,59	0,47	0,75	3,04	23,89*	6,16*	13,67*	34,89*
	VU Betrieb	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,14	0,00	0,50	0,04	0,14	0,00	0,50
FM (n=12)	HU Betrieb	7,83	2,67	4,12	13,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07	0,14	0,00	0,44	1,38	0,78	0,56	3,15
	S-Hof_vis	7,77	3,03	2,04	11,33	2,45	3,25	0,39	12,57	0,66	0,36	0,22	1,35	3,32	1,41	0,37	4,72
	S-Hof_Iris	19,40	4,52	13,35	26,28	5,93	3,08	2,07	13,25	1,61	0,57	0,75	3,04	24,09*	7,33*	13,67*	34,89*
	VU Betrieb	0,04	0,14	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,14	0,00	0,50
MA (n=12)	HU Betrieb	1,49	1,46	0,00	4,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,13	0,00	0,42	0,98	0,32	0,39	1,47
	S-Hof_vis	3,36	1,55	1,29	5,94	2,27	1,45	0,28	5,45	0,77	0,52	0,19	2,00	2,46	1,66	0,49	5,17
	S-Hof_Iris	15,53	2,50	12,64	20,50	5,74	1,99	3,58	9,21	1,58	0,37	0,88	2,05	23,70*	5,06*	14,32*	29,24*

*Frakturen/Luxationen Flügel mit und ohne Hämatom zusammengefasst (es erfolgte keine Unterscheidung durch die Iris-Kamera).

1.1. Prämortale Untersuchung

Ergebnisse dieser Untersuchung sind dem Abschnitt „Publizierte Studienergebnisse“ zu entnehmen.

1.2. Postmortale Untersuchung

Die postmortale Untersuchung fand am Schlachthof statt. Die Erhebung der Verletzungen erfolgte auf zwei Ebenen.

1.2.1. Verletzungen am Schlachtkörper (visuell)

Die visuelle Beurteilung der Schlachtkörper fand am laufenden Schlachtband in mehreren Beobachtungsintervallen statt. Die Ergebnisse sind der Tabelle 4 zu entnehmen. Vergleicht man die Verlademethoden anhand der visuellen Untersuchung am Schlachtband so zeigt sich ein ähnliches Bild wie auf der Ebene der prämortalen Untersuchung auf dem Betrieb. Hämatome am Flügel sind die am häufigsten diagnostizierte Verletzung nach dem maschinellen Fang und liegen mit 7,77% (Standard Deviation (SD) 3,03; min: 2,04%; max: 11,33%) deutlich über dem Wert, der für den manuellen Fang ermittelt wurde (Mittelwert (MW): 3,36%; SD: 1,55; min: 1,29; max: 5,94). Der Unterschied zwischen den Fangmethoden war statistisch signifikant (manuell (MA) vs. maschinell (FM) odds ratio (OR): 0,45; 95% Unsicherheitsintervall (UI) 0,28; 0,73). Hämatome am Bein wurden nach maschinellem Fang mit durchschnittlich 2,45% (SD: 3,25; min: 0,39%; max: 12,57%) häufiger diagnostiziert als nach manuellem Fang (Tabelle 4). Nach manuellem Fang dagegen wurden tendenziell häufiger Hämatome am Rumpf festgestellt, verglichen mit dem maschinellen Fang (Tabelle 4). Der Unterschied zwischen den Fangmethoden war für beide Variablen nicht signifikant (Abbildung 2). Bei den Frakturen und Luxationen wurde unterschieden zwischen solchen ohne und solchen mit Hämatom im umliegenden Gewebe als Indikator für einen prämortalen Entstehungszeitpunkt. Die Prävalenz von Frakturen oder Luxationen mit Hämatom am Flügel unterschied sich nicht zwischen den Fangmethoden (Abbildung 2). Und auch bei der Häufigkeit von Frakturen oder Luxationen am Flügel ohne Hämatom gab es keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Fangmethoden (Abbildung 2). Frakturen oder Luxationen am Bein ohne Hämatom wurden weder bei Tieren nach manuellem noch nach maschinellem Fang festgestellt.

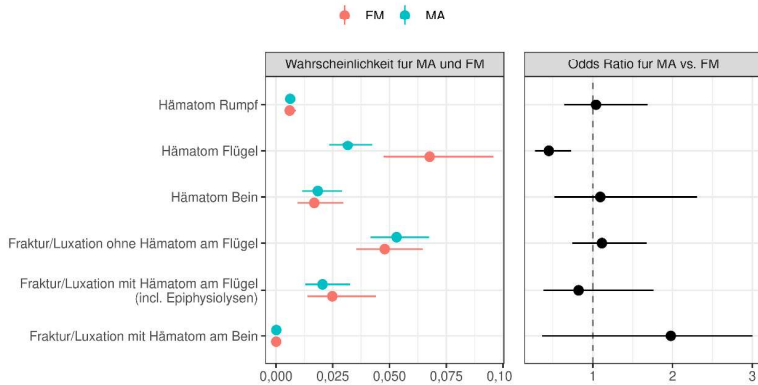


Abbildung 2: Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Verletzung, visuell detektiert durch die Untersuchungsperson am Schlachtband sowie die daraus resultierende Odds Ratio (FM = „Maschineller Fang“; MA = „Manueller Fang“).

1.2.2. Verletzungen am Schlachtkörper (software-gestütztes Kamerasystem)

Im Unterschied zu den vorangegangenen Untersuchungsebenen waren bei der Untersuchung durch die Iris-Kamera nicht die Hämatome sondern die Frakturen am Flügel die am häufigsten diagnostizierte Verletzung (Tabelle 4). Nach maschinellm Fang wiesen durchschnittlich 24,09% (SD: 7,33; min: 13,67%; max: 34,89%) der untersuchten Schlachtkörperflügel einer Herde eine Fraktur auf. Dieser Wert liegt leicht über den durchschnittlich 23,70% (SD: 5,06; min: 14,32%; max: 29,24%) für manuell verladene Herden. Gefolgt wird diese Verletzungsvariable von der Häufigkeit von Hämatomen am Flügel. Mit 19,40% (SD: 4,52; min: 13,35%; max: 26,28%) kommen Hämatome am Flügel häufiger nach maschinellm Fang vor, verglichen mit dem manuellen Fang (MW: 15,53%; SD: 2,50; min: 12,64%; max: 20,50%). Der Unterschied zwischen den Fangmethoden war statistisch signifikant (Abbildung 3). Häufigkeit der Hämatome am Bein sowie Hämatome am Rumpf unterschieden sich kaum zwischen den Fangmethoden (Abbildung 3).

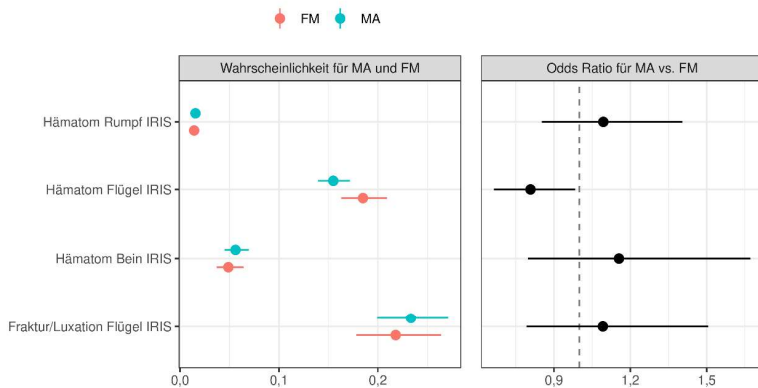


Abbildung 3: Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Verletzung, detektiert durch die Iris-Kamera des Schlachthofs sowie die daraus resultierende Odds Ratio (FM = „Maschinelles Fang“; MA = „Manueller Fang“).

1.3. Vergleich der Untersuchungsebenen (prä mortal, post mortal visuell/ software-gestütztes Kamerasystem)

Die Tabelle 4 zeigt die prozentuale Häufigkeit der einzelnen Verletzungsvariablen (Frakturen/Luxationen am Flügel; Hämatome an den Flügeln, den Beinen und dem Rumpf) zu den Untersuchungszeitpunkten prä mortal „direkt nach Verladung“ (auf dem Betrieb) und post mortal „visuell am Schlachthof“ sowie „software-gestütztes Kamerasystem am Schlachthof“ (Iris-Kamera).

Auf Grund der erfassten Verletzungshäufigkeiten wurde die Entdeckungswahrscheinlichkeit dieser Verletzungen für die einzelnen Untersuchungszeitpunkte bzw.-methoden berechnet (Tabelle 5). Dies erfolgte zunächst von der Fangmethode unabhängig. Es zeigte sich, dass die Entdeckungswahrscheinlichkeit einer vorhandenen Verletzung über die drei Untersuchungsebenen zunimmt. Am niedrigsten war sie auf der Ebene der Untersuchung auf dem Betrieb. Am Schlachthof war die Entdeckungswahrscheinlichkeit bei der visuellen Untersuchung etwas höher und am höchsten war sie bei der kamera-basierten Untersuchung (Iris-Kamera). Dieser Sachverhalt konnte am deutlichsten bei der Erfassung von Frakturen und Luxationen am Flügel gezeigt werden (Tabelle 5). So war die Wahrscheinlichkeit eine Fraktur oder Luxation am Flügel auf dem Betrieb direkt nach Verladung auch als solche zu identifizieren, mit dem Wert 0,01 (95% UI: 0,00; 0,08) deutlich geringer, als die Wahrscheinlichkeit dieselbe Art der Verletzung am Schlachthof visuell (MW: 0,03; 95%UI: 0,00, 0,13) oder durch die Iris-Kamera (MW: 0,23; 95%UI: 0,11; 0,39) zu erfassen. Auch bei der Entdeckungswahrscheinlichkeit für die Hämatome am Flügel war eine deutliche Zunahme über die drei Untersuchungsebenen hinweg erkennbar. Ein ähnliches Bild für die Entdeckungswahrscheinlichkeit auf den drei Untersuchungsebenen zeigte sich bei getrennter Betrachtung von maschinell und manuell Fang. Auch hier war der Unterschied zwischen den Untersuchungsebenen am deutlichsten bei der Erfassung von Frakturen oder Luxationen am Flügel (Abbildung 4). Der Unterschied zwischen den Fangmethoden war jedoch nicht signifikant.

Tabelle 5: Entdeckungswahrscheinlichkeit der untersuchten Verletzungen auf den drei Untersuchungsebenen, unabhängig von der Fangmethode (n = 24; MW = Mittelwert; 95% UI = 95% Unsicherheitsintervall).

Untersuchungszeitpunkt		Verletzungsvariable			
		Hämatom Flügel	Hämatom Bein	Hämatom Rumpf	Fraktur/ Luxation Flügel
Betrieb	MW	0,03	0,00	0,00	0,01
	95%UI	0,00; 0,13	0,00; 0,00	0,00; 0,02	0,00; 0,08
S-Hof vis	MW	0,05	0,02	0,01	0,03
	95%UI	0,01; 0,17	0,00; 0,12	0,00; 0,09	0,00; 0,13
S-Hof Iris	MW	0,17	0,06	0,02	0,23*
	95%UI	0,07; 0,32	0,01; 0,18	0,00; 0,15	0,11*; 0,39*

*Frakturen/Luxationen Flügel mit und ohne Hämatom zusammengefasst (es erfolgte keine Unterscheidung durch die Iris-Kamera).

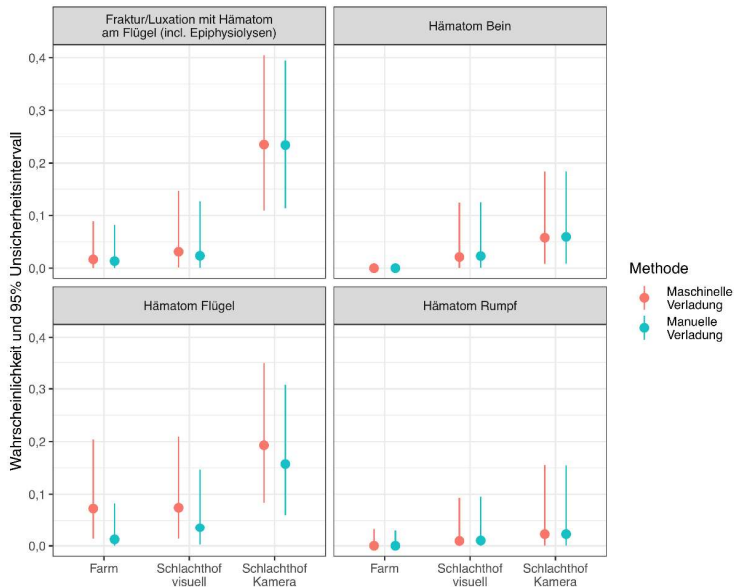


Abbildung 4: Entdeckungswahrscheinlichkeit und 95% Unsicherheitsintervall der untersuchten Verletzungen auf den drei Untersuchungsebenen, nach Fangmethode getrennt.

2. Einflussfaktoren für fangbedingte Verletzungen und DOA

Neben der visuellen Erfassung von Verletzungen an den Schlachtkörpern am Schlachtband erfolgte eine Auswertung hinsichtlich möglicher Einflussfaktoren auf die Entstehung fangbedingter Verletzungen und die Zahl der DOA.

2.1. Verletzungen am Schlachtkörper (visuell)

Eine Erhöhung der Fangdauer eines Einzeltiers führte beim manuellen Fang tendenziell zu einer Reduktion von Hämatomen an den Beinen (Abbildung 5). Hämatome am Rumpf reduzierten sich beim manuellen Fang signifikant um den Faktor 0,61 (95% UI: 0,41; 0,90). Beim maschinellen Fang dagegen führte die längere Fangdauer pro Einzeltier tendenziell zu mehr Hämatomen am Rumpf und zu signifikant vermehrtem Auftreten von Hämatomen am Flügel (OR FM: 1,07; 95% UI: 1,04; 1,09). Dagegen kam es bei beiden Fangmethoden zu einer Reduktion von Hämatomen am Bein. Diese Reduktion war beim maschinellen Fang signifikant (OR FM: 0,94; 95% UI: 0,89; 0,98). Es traten bei beiden Fangmethoden bei längerer Fangdauer eines Einzeltiers auch tendenziell weniger

Frakturen mit Hämatom an den Beinen auf (Abbildung 5). Beim manuellen Fang führte eine längere Fangdauer pro Einzeltier tendenziell zu einem höheren Anteil von Hämatomen am Flügel (Abbildung 5). Die Gesamtdauer der Verladung zeigte ebenfalls einen Einfluss auf die Häufigkeit von Verletzungen. So führte eine längere Gesamtdauer der Verladung beim manuellen Fang zu einem signifikant größeren Anteil von Hämatomen an den Beinen und dem Rumpf (Abbildung 5). Auch beim maschinellen Fang führte eine längere Gesamtdauer der Verladung zu einem signifikant höheren Anteil von Hämatomen am Rumpf (OR FM: 1,31; 95% UI: 1,06; 1,62). Dagegen waren die Anteile der Hämatome an den Flügeln und Beinen nach maschinellem Fang signifikant niedriger bei Verladungen mit längerer Gesamtdauer verglichen mit Verladungen kürzerer Gesamtdauer (Abbildung 5). Der Einfluss der Verladegeschwindigkeit verhielt sich bei den beiden Fangmethoden gegensätzlich bezüglich der Häufigkeit von Hämatomen am Rumpf und den Hämatomen an den Flügeln. Während eine steigende Verladegeschwindigkeit beim maschinellen Fang mit einem signifikant niedrigeren Anteil von Hämatomen an den Flügeln (OR FM: 0,56; 95% UI: 0,46; 0,69) und dem Rumpf (OR FM: 0,60; 95% UI: 0,37; 0,98) assoziiert war, traten mit zunehmender Verladegeschwindigkeit beim manuellen Fang tendenziell vermehrt Hämatome an den Flügeln auf (Abbildung 5). Der Unterschied zwischen den Methoden war hier statistisch signifikant (OR MA vs. FM: 2,24; 95% UI: 1,11; 4,51). Außerdem bestand bei diesen Verladungen beim manuellen Fang eine um den Faktor 2,05 (95% UI: 1,03; 4,05) erhöhte Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Hämatomen am Rumpf. Auch die Häufigkeit von Frakturen mit Hämatom an den Beinen sank beim maschinellen Fang tendenziell, während sie beim manuellen Fang tendenziell mit zunehmender Verladegeschwindigkeit stieg (Abbildung 5). Es wurde außerdem ein möglicher Einfluss der Helligkeit im Stall auf die Häufigkeit von bestimmten visuell erfassten Verletzungen am Schlachtkörper untersucht. Nach maschinellem Fang zeigten die Tiere bei zunehmender Lichtintensität im Stall signifikant weniger Hämatome am Flügel (OR FM: 0,90; 95% UI: 0,86; 0,94). Auch nach manuellem Fang waren es bei höherer Lichtintensität tendenziell weniger Tiere mit Hämatom am Flügel (Abbildung 5). Hämatome an den Beinen dagegen nahmen mit steigender Lichtintensität beim maschinellen Fang signifikant zu. Die Häufigkeit von Frakturen mit Hämatomen an den Beinen nahm ebenfalls tendenziell zu (Abbildung 5). Außerdem zeigte der Schallpegel während der Verladung Einfluss auf die Häufigkeit von Verletzungen. Die Häufigkeit von Frakturen mit Hämatom an den Flügeln nahm beim maschinellen Fang mit steigendem Schallpegel signifikant zu (OR FM: 1,05; 95% UI: 1,02; 1,08). Beim manuellen Fang führte ein erhöhter Schallpegel ebenfalls tendenziell

zu einer steigenden Häufigkeit von Frakturen mit Hämatom am Flügel (Abbildung 5). Während die Häufigkeit von Hämatomen am Flügel mit steigendem Schallpegel bei Verladung beim maschinellen Fang signifikant zunahm, sank sie beim manuellen Fang tendenziell. Hämatome am Rumpf waren bei beiden Verlademethoden bei höherer Schallbelastung signifikant niedriger (Abbildung 5). Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Hämatomen an den Beinen im Zusammenhang mit dem Schallpegel verhielt sich bei beiden Verlademethoden gegensätzlich. Auch hier stieg die Wahrscheinlichkeit nach maschinellem Fang tendenziell mit steigendem Schallpegel, während sie nach manuellem Fang signifikant sank (Abbildung 5).

2.2. DOA

Die Ergebnisse dieser Auswertung sind der Publikation zu entnehmen.

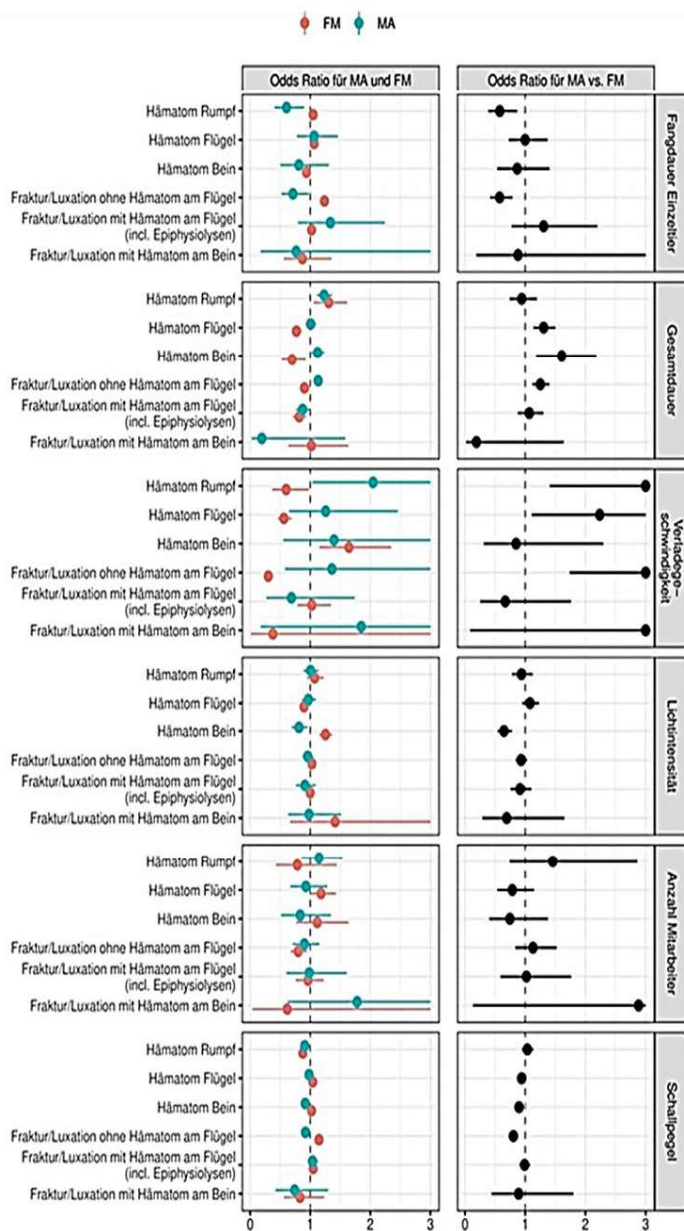


Abbildung 5: Einflussfaktoren für die Häufigkeit der am Schlachtkörper visuell erfassten Verletzungen (FM = „Maschineller Fang“; MA = „Manueller Fang“).

VI. ERWEITERTE DISKUSSION

1. Erfassung fangbedingter Verletzungen beim Masthuhn

1.1. Prämortale Untersuchung

Die Diskussion der Ergebnisse dieses Abschnittes sind der Publikation zu entnehmen.

1.2. Postmortale Untersuchung

Nach dem Transport und der Wartezeit am Schlachthof wurden die Tiere geschlachtet. Die Beurteilung der Schlachtkörper erfolgte in dieser Studie visuell durch einen Tierarzt, der direkt nach der Rupfmaschine vor der Eviszeration positioniert war. Die Beurteilung erfolgte rein visuell und am laufenden Schlachtband. Auch bei JACOBS et al. (2017b) und GOUVEIA et al. (2009) wurden die Tiere, direkt nachdem sie den Rupfer passiert hatten, untersucht. Allerdings wurden bei der Untersuchung von GOUVEIA et al. (2009) die Tiere im Rahmen der Untersuchung vom Schlachtband genommen. In andere Studien wurden die Tiere erst nach der Eviszeration untersucht (KNIERIM und GÖCKE, 2003; MUSILOVÁ et al., 2013). Neben der visuellen Untersuchung der Tiere erfolgte auch eine Auswertung der von der Iris-Kamera des Schlachthofs detektierten Verletzungszahlen. Bisher existieren kaum Veröffentlichungen zum Thema fangbedingte Verletzungen beim Masthuhn, deren Zahlen von einem software-gestützten Kamerasystem erfasst wurden. In einer Studie zum Vergleich von ein-beinigem Fangen mit dem zwei-beinigen Fangen kam ein software-gestütztes Kamerasystem zum Einsatz, welches nach der Rupfmaschine positioniert war (LANGKABEL et al., 2015). In der hier vorliegenden Untersuchung war die Iris-Kamera nach der Eviszeration positioniert.

1.2.1. Verletzungen am Schlachtkörper (visuell)

Bei der visuellen Beurteilung der Schlachtkörper am Schlachtband wurden, wie auch schon bei den Untersuchungen auf dem Betrieb, direkt nach der Verladung, Hämatome am Flügel am häufigsten festgestellt. So wiesen unabhängig von der Fangmethode 5,57% der nach der Schlachtung visuell untersuchten Flügel einer Herde ein Hämatom auf. Hämatome am Rumpf kamen mit einem Wert von 0,71% am seltensten vor. Damit unterscheiden sich die Ergebnisse deutlich von denen der Studie von GOUVEIA et al. (2009). Hier waren Hämatome in der Brustregion mit 1,60% die am häufigsten diagnostizierte Lokalisation eines Hämatoms. Betrachtet man die Häufigkeit der

Verletzungen nach Verlademethode getrennt, so bleibt in dieser Studie ebenfalls das Hämatom am Flügel die am häufigsten festgestellte Lokalisation eines Hämatoms, gefolgt von Hämatomen an den Beinen. Nach maschinellm Fang wiesen in dieser Studie durchschnittlich 2,45% der untersuchten Beine einer Herde ein Hämatom auf. Nach manuellem Fang waren es durchschnittlich 2,27%. Damit liegen die Ergebnisse über den Werten von KNIERIM und GÖCKE (2003) und auch deutlich über den Werten von MUSILOVÁ et al. (2013). In der Studie von MUSILOVÁ et al. (2013) wiesen nur 0,83% nach maschinellm Fang und 0,69% nach manuellem Fang ein Hämatom am Bein auf. Vergleicht man das Auftreten von Frakturen/Luxationen mit Hämatom an den Gliedmaßen, so wurden sie in der hier vorliegenden Studie deutlich häufiger am Flügel beobachtet, verglichen mit den Beinen. Nach maschinellm Fang wurde bei durchschnittlich 3,32% der untersuchten Flügel einer Herde und bei 2,46% nach manuellem Fang eine Fraktur/Luxation mit Hämatom diagnostiziert. In den Angaben aus der Literatur wurden die Zahlen für Frakturen und Luxationen häufig getrennt ausgewertet. Fasst man jedoch die Werte zusammen, liegen unsere Ergebnisse auch hier über denen früherer Studien (KNIERIM und GÖCKE, 2003; MUSILOVÁ et al., 2013). Eine Erklärung hierfür ist möglicherweise das höhere Lebendgewicht der Tiere bei Schlachtung in der vorliegenden Studie. Während an dieser Studie nur Herden nach Schwermast, mit einem Lebendgewicht von durchschnittlich 2,50kg teilnahmen, waren die Herden sowohl bei KNIERIM und GÖCKE (2003) mit einem Lebendgewicht von durchschnittlich weniger als 1,60kg, als auch bei MUSILOVÁ et al. (2013), mit einem Lebendgewicht von durchschnittlich weniger als 2,00kg, deutlich leichter. Diese Vermutung deckt sich mit Ergebnissen einer Studie aus 2015. Hier wiesen durchschnittlich 12,02% der Masthühner einer untersuchten Herde nach Schwermast eine Fraktur am Flügel auf, während durchschnittlich nur 5,77% der Masthühner einer Herde nach Leichtmast eine Fraktur am Flügel aufwiesen (LANGKABEL et al., 2015). Zahlen zur Häufigkeit von Frakturen an den Beinen wurden in dieser Studie nicht angegeben. Das höhere Lebendgewicht der Masthühner könnte auch die Begründung für das häufigere Auftreten von Hämatomen in der hier vorliegenden Studie sein. In der Studie von LANGKABEL et al. (2015) konnte gezeigt werden, dass das Verletzungsrisiko für Masthühner nach Schwermast um das bis zu 3,6-fache erhöht sein kann verglichen mit Tieren nach der Leichtmast. Möglicherweise spielt das Gewicht vor allem bei der Entstehung von Verletzungen am Flügel eine Rolle. Denn auch bei den Untersuchungen von NIJDAM et al. (2005), welche an Herden nach Schwermast durchgeführt wurden, lagen die Zahlen für Hämatome am Flügel, mit 7,80% nach maschinellm und 6,70%

nach manuellem Fang in der Untersuchung vom Herbst deutlich über den Zahlen von KNIERIM und GÖCKE (2003) sowie MUSILOVÁ et al. (2013).

1.2.2. Verletzungen am Schlachtkörper (software-gestütztes Kamerasystem)

Für jede untersuchte Herde erfolgte auch eine Auswertung der durch die vom Schlachthof bereitgestellten und von der Iris-Kamera detektierten Verletzungszahlen. Auch die Iris-Kamera detektierte am häufigsten Verletzungen am Flügel. Nach maschinellm Fang wiesen durchschnittlich 19,40% und nach manuellem Fang 15,53% der untersuchten Flügel einer Herde ein Hämatom auf. Damit liegen die Ergebnisse deutlich über denen der Studie von LANGKABEL et al. (2015). Hier wurde nur bei 0,08% der Masthühner nach Leichtmast und 0,28% nach Schwermast ein Hämatom am Flügel durch die Kamera erfasst. Auch bei der Häufigkeit von Frakturen am Flügel unterscheiden sich die hier ermittelten Zahlen deutlich zu denen der genannten Studie. So wurden in der vorliegenden Studie durch die Iris-Kamera bei durchschnittlich 24,09% der untersuchten Flügel einer Herde nach maschinellm Fang und 23,70% nach manuellem Fang eine Fraktur festgestellt. Es erfolgte dabei eine Unterscheidung nach Frakturen mit luxiertem und nicht-luxiertem Knochen durch die Iris-Kamera. Diese wurden jedoch für die Auswertung zusammengefasst. Durch die Iris-Kamera erfolgte keine Unterscheidung hinsichtlich Frakturen mit und ohne Hämatom. Dies gilt auch für die Ergebnisse der Studie von LANGKABEL et al. (2015). In dieser Studie zum Vergleich von ein-beinigem mit dem zwei-beinigen Fangen hatten nach der Schwermast nur durchschnittlich 12,02% der Masthühner einer Herde und 5,77% nach Leichtmast eine Fraktur am Flügel, unabhängig von der Fangmethode. Eine mögliche Erklärung für die so deutlichen Unterschiede in der Häufigkeit der genannten Verletzungszahlen liegt möglicherweise in einer unterschiedlichen Herangehensweise der Erfassung und Auswertung der Verletzungen. In der hier vorliegenden Studie wurden alle Schlachtkörper einmal von der Vorderseite und einmal von der Rückseite auf das Vorhandensein von Verletzungen untersucht. Aus den ermittelten Zahlen wurden dann Mittelwerte gebildet. Es ist hier also möglich, dass manche Tiere sowohl auf der Vorderseite als auch auf der Rückseite eine entsprechende Verletzung aufwiesen, welche dann doppelt in die Bewertung einfließen. Möglicherweise wurde dies bei der Studie von LANGKABEL et al. (2015) anders gehandhabt. Verletzungen an den Beinen wurden in der hier vorliegenden Studie auch durch die Iris-Kamera deutlich seltener detektiert. So wurde ein Hämatom bei durchschnittlich 5,93% der untersuchten Beine einer Herde nach maschinellm Fang und bei 5,74% nach manuellem Fang festgestellt. Die Iris-Kamera detektierte keine Frakturen

am Bein. LANGKABEL et al. (2015) machen bei der Auswertung der Verletzungen am Bein keine Angaben zur Art der Verletzung. In dieser Studie hatten durchschnittlich 5,83% der Masthühner einer Herde nach Leichtmast und 12,26% nach Schwermast eine Verletzung am Bein. Hämatome am Rumpf wurden in der hier vorliegenden Studie auch durch die Iris-Kamera am seltensten detektiert.

1.3. Vergleich der Untersuchungsebenen (prä mortal, post mortal visuell/software-gestütztes Kamerasystem)

Vergleicht man die drei Untersuchungsebenen, auf dem Betrieb direkt nach Verladung, am Schlachthof visuell und am Schlachthof durch die Iris-Kamera, so zeigt sich eine Zunahme der Wahrscheinlichkeit, eine bestimmte Verletzung zu detektieren. Ein möglicher Grund hierfür ist, dass es sich bei den ersten beiden Methoden um wesentlich kleinere Stichprobenumfänge handelt als bei der Iris-Kamera, welche alle Tiere einer Herde untersucht. Des Weiteren kommt im Falle der Untersuchung auf dem Betrieb hinzu, dass die Tiere befiedert waren, was die Detektion vorhandener Verletzungen vor allem im Bereich der Flügeloberseite und auch der Beine möglicherweise erschwert. Auch ist eine denkbare Erklärung für die vergleichsweise geringen Verletzungszahlen direkt nach Verladung auf dem Betrieb, dass ein zusätzlicher Faktor für das Entstehen von Verletzungen der Transport ist. Bei der Untersuchung am Schlachthof ist es nicht möglich zwischen den Verletzungen, die bei der Verladung entstanden sind und solchen, die vom Transport stammen, zu differenzieren (COCKRAM und DULAL, 2018). Wenn sich auch die drei Untersuchungsebenen deutlich in der Wahrscheinlichkeit der Detektion unterscheiden, so sind doch die Tendenzen weitgehend gleich. Auf allen drei Untersuchungsebenen sind Verletzungen am Flügel die am häufigsten detektierte Lokalisation. Verletzungen am Flügel waren auch bei einer Vielzahl früherer Studien die am häufigsten festgestellte Verletzungsform (KNIERIM und GÖCKE, 2003; BIANCHI et al., 2005; NIJDAM et al., 2005; MUSILOVÁ et al., 2013; LANGKABEL et al., 2015; JACOBS et al., 2017b). Betrachtet man die Häufigkeit von Frakturen am Flügel auf den unterschiedlichen Erfassungsebenen, so ist hier ein deutlicher Unterschied festzustellen. Während bei den Untersuchungen auf dem Betrieb direkt nach Verladung und am Schlachthof bei der visuellen Schlachtkörperbeurteilung vergleichsweise selten Frakturen am Flügel detektiert wurden, sind die Werte bei der Iris-Kamera extrem hoch. Hier wurde bei durchschnittlich 24,09% der untersuchten Flügel nach dem maschinellen und bei 23,70% nach dem manuellen Fang eine Fraktur festgestellt. Eine mögliche Erklärung für die massive Abweichung der Iris-Kamera von den Zahlen der visuellen Untersuchung am

Schlachthof könnte darin begründet sein, dass die Iris-Kamera nur zwischen Frakturen mit und ohne Luxation des Knochens unterscheidet. Beide Formen flossen bei der Auswertung der Iris-Kamera in die Variable „Frakturen am Flügel“ ein. Es erfolgt jedoch keine Unterscheidung zwischen Frakturen mit und ohne Hämatom im umliegenden Gewebe. Dieses ist aber ein entscheidender Hinweis zur Differenzierung zwischen „echten Frakturen/Luxationen“, die am lebenden Tier entstanden sind und solchen, die auf Grund der technischen Prozesse erst postmortal entstanden sind (KNIERIM und GÖCKE, 2003). Möglicherweise war ein Großteil der von der Iris-Kamera identifizierten „Frakturen“ letzterem zuzuordnen. Dafür sprechen die Ergebnisse aus der visuellen Untersuchung dieser Studie. Hier wurden nach maschinellm Fang bei durchschnittlich 3,32% der untersuchten Flügel einer Herde eine Fraktur mit Hämatom festgestellt, 5,75% der festgestellten Frakturen/Luxationen wiesen kein Hämatom im umliegenden Gewebe auf. Auch nach manueller Verladung war die Zahl diagnostizierter Frakturen/Luxationen, die kein Hämatom aufwiesen, mit durchschnittlich 5,43% deutlich höher als die 2,46% mit Hämatom. KNIERIM und GÖCKE (2003) verweisen in ihrer Studie ebenfalls darauf, dass sie nur Frakturen/Luxationen mit Blutungen in das umliegende Gewebe gewertet haben. In dieser Studie waren die Zahlen für die Frakturen deutlich niedriger, verglichen mit den von der Iris-Kamera erfassten Zahlen. Ein weiterer Grund für die so deutlich höheren Zahlen der Iris-Kamera bei den Frakturen am Flügel könnte darin liegen, dass Tiere doppelt gewertet wurden. Der Abgleich der Methoden zeigt sehr deutlich, wie schwierig es ist, Studien zur Häufigkeit von Verletzungen und der daraus geschlossenen möglichen Einflussfaktoren zu vergleichen. Zu sensibel reagieren diese Zahlen auf unterschiedliche Herangehensweisen bei der Datenerfassung. Größen wie Stichprobenumfang, Definition der Verletzungsvariablen und auch die Art der Auswertung sind essentiell und müssen standardisiert sein um Studienergebnisse miteinander gut vergleichen zu können. Postmortal erfasste Verletzungszahlen können möglicherweise auch durch die Art des Betäubungsverfahrens beeinflusst werden, was ebenfalls bei dem Vergleich von Studienergebnissen berücksichtigt werden muss (BILGILI, 1992; RAJ et al., 1997; JOSEPH et al., 2013).

2. Einflussfaktoren für fangbedingte Verletzungen und DOA

Auch an Hand der visuell erfassten Häufigkeiten von Verletzungen wurde eine Untersuchung auf mögliche Einflussfaktoren für die Entstehung von Verletzungen der Masthühner am Tag der Schlachtung durchgeführt. Die dabei detektierten möglichen

Einflussfaktoren stehen zum Teil in deutlichem Widerspruch zu den erfassten Einflussfaktoren an Hand der auf dem Betrieb direkt nach Verladung identifizierten Einflussgrößen.

2.1. Verletzungen am Schlachtkörper (visuell)

In der hier vorliegenden Studie wurde versucht an Hand der Häufigkeit von Verletzungen nach visueller Beurteilung der Schlachtkörper mögliche Einflussfaktoren auf ihre Entstehung zu identifizieren. Als ein möglicher Einflussfaktor wurde die Fangdauer eines Einzeltieres untersucht. Dabei scheint der Einfluss auf die Flügel ein anderer zu sein als der auf die Beine. Bei beiden Verlademethoden führte eine längere Fangdauer eines Einzeltiers zu einer Reduktion von Hämatomen am Bein, aber zu einem erhöhten Risiko für die Entstehung eines Hämatoms oder einer Fraktur/Luxation mit Hämatom am Flügel. Möglicherweise bedeutet die längere Fangdauer ein vermehrtes Schlagen mit den Flügeln, was zu einer erhöhten Wahrscheinlichkeit einer Verletzung am Flügel führt. WOLFF et al. (2019) konnten für den manuellen Fang zeigen, dass die Masthühner während der Dauer des Handlings teilweise mit den Flügeln schlugen. Eine längere Gesamtdauer der Verladung zeigte ebenfalls einen Einfluss auf die Häufigkeit von visuell festgestellten Verletzungen. So führte eine längere Gesamtdauer der Verladung beim manuellen Fang tendenziell zu einer steigenden Wahrscheinlichkeit für die Entstehung eines Hämatoms am Flügel. Diese zeigte sich bereits bei der Untersuchung auf dem Betrieb als signifikanter Einflussfaktor beim manuellen Fang. Auch die Prävalenz von Hämatomen am Bein oder Rumpf stieg mit zunehmender Gesamtdauer des manuellen Fangs signifikant. Der Einfluss auf die Entstehung von Hämatomen am Flügel und den Beinen war nach maschinellm Fang gegensätzlich. Die zunehmende Wahrscheinlichkeit für die Entstehung eines Hämatoms bei länger andauerndem manuellen Fang könnte die Folge eines zunehmend unvorsichtigen Umgangs der Fänger mit den Masthühnern durch eine zunehmender Ermüdung sein (COCKRAM und DULAL, 2018). Als einen weiteren möglichen Einflussfaktor zeigte sich die Verladegeschwindigkeit. Hier bestätigte sich das Ergebnis der Untersuchung auf der Untersuchungsebene prä mortal, direkt nach Verladung. Während eine höhere Verladegeschwindigkeit beim maschinellen Fang zu einer Reduktion der Hämatome am Flügel führte, bewirkte dies beim manuellen Fang tendenziell eine Erhöhung der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Hämatoms am Flügel. Beim maschinellen Fang wird möglicherweise die Verladegeschwindigkeit durch die Häufigkeit von Stopps der Transportbänder beeinflusst. Je häufiger die Bänder stehen, desto niedriger ist die Verladegeschwindigkeit. Jeder Stillstand bedeutet eine

Lageänderung, was möglicherweise mit einem Stellreflex, wie zum Beispiel dem Flügelschlagen einhergeht. Jedes Flügelschlagen kann zum Auftreffen der Flügel auf die Bänder führen und dadurch ein Hämatom verursachen. Beim manuellen Fang dagegen bedeutet eine höhere Verladegeschwindigkeit möglicherweise ein weniger sorgsamer Umgang der Fänger mit den Masthühnern, was sich in einer höheren Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Verletzungen widerspiegelt (COCKRAM und DULAL, 2018). In der hier vorliegenden Studie führte eine höhere Lichtintensität beim maschinellen Fang zu einer signifikant niedrigeren Wahrscheinlichkeit für die Entstehung eines Hämatoms am Flügel. Auch beim manuellen Fang war die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung eines Hämatoms am Flügel bei höherer Lichtintensität tendenziell niedriger. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen von JACOBS et al. (2017b). Hier wurde eine niedrigere Verletzungsprävalenz bei Tagverladungen festgestellt, verglichen mit Verladungen bei Nacht. Diese Ergebnisse stehen allerdings im Widerspruch zu den Ergebnissen der hier vorliegenden Untersuchung auf dem Betrieb, wonach eine höhere Lichtintensität sowohl beim maschinellen als auch beim manuellen Fang tendenziell zu mehr Hämatomen am Flügel führte. Dieses Ergebnis deckt sich wiederum mit den Befunden der Studie von NIJDAM et al. (2004). Hier war das Verletzungsrisiko bei Tagverladungen deutlich höher als bei Nachtverladungen. Als weitere mögliche Einflussgröße wurde der Schallpegel, dem die Tiere bei Verladung ausgesetzt waren, untersucht. Hier zeigte sich ebenfalls für die unterschiedlichen Verletzungsvariablen ein sehr inhomogenes Bild. Während beim maschinellen Fang eine höhere Schallbelastung zu einem signifikant höheren Risiko von Hämatomen am Flügel führte, war das Risiko beim manuellen Fang bei einer höheren Schallbelastung tendenziell niedriger. Die zum Teil sehr widersprüchlichen Ergebnisse dieser Studie, aber auch die früherer Studien zeigen, dass die Identifikation einzelner prominenter Einflussfaktoren schwierig ist. Es scheint vielmehr so zu sein, dass sich die einzelnen möglichen Einflussfaktoren in ihrer Auswirkung auf das Verletzungsrisiko gegenseitig beeinflussen können. Um wirklich eindeutige Aussagen über die Bedeutung einzelner Einflussfaktoren machen zu können, ist es möglicherweise notwendig, die Verladung unter standardisierten Bedingung zu untersuchen, um dann immer nur eine mögliche Einflussgröße zu verändern und deren Effekt zu analysieren. Feldstudien, wie die vorliegende, bei welchen viele Faktoren von Verladung zu Verladung unterschiedlich sind, eignen sich möglicherweise nicht um einzelne Faktoren für das Verletzungsrisiko zu identifizieren. Zu berücksichtigen bleibt außerdem, dass möglicherweise auch Parameter wie der zum Einsatz gekommene Typ eines Transportcontainers (DE KONING et al., 1987) sowie die Besatzdichte im Stall auf

die Verladegeschwindigkeit in Tiere pro Stunde und damit auch auf das Verletzungsrisiko Einfluss haben können. Möglicherweise wäre ein Transportcontainer ohne Zweiteilung der zu beladenden Elemente, wie er hier zum Einsatz gekommen ist, besser geeignet für eine Verladung mit der Fangmaschine Apollo Generation 2. Jedoch existiert nur wenig Literatur, die sich mit dem Einfluss des Transportsystems auf das Verletzungsrisiko bei den verschiedenen Verlademethoden für Masthühner beschäftigt (DE KONING et al., 1987). Weitere Forschungsarbeit hinsichtlich dieses Parameters kann somit einen wertvollen Beitrag zur Weiterentwicklung und Optimierung des maschinellen und manuellen Fangs von Masthühnern beitragen.

2.2. DOA

Interpretation der Ergebnisse dieses Abschnittes sind der Publikation zu entnehmen.

VII. SCHLUSSFOLGERUNG

Die Ergebnisse der hier vorliegenden Studie zeigten, dass das Risiko für die Entstehung eines Hämatoms unabhängig von der Lokalisation beim maschinellen Fang tendenziell höher war. Dagegen gab es auf keiner der drei Untersuchungsebenen einen signifikanten Unterschied zwischen den Verlademethoden für das Risiko einer schwerwiegenden Verletzung im Sinne einer Fraktur oder Luxation. Die Analyse möglicher äußerer Einflussfaktoren hat gezeigt, dass nicht nur die Wahl der Fangmethode entscheidend ist, sondern das Wohl der Tiere in nicht unerheblichem Maß von der Ausführung der jeweiligen Fangmethode abhängt. So spielt beim manuellen Verladen die körperliche Verfassung des Personals eine größere Rolle als beim maschinellen Verladen. In dieser Studie führte eine längere Gesamtverladedauer und auch die Anzahl der an der Verladung beteiligten Personen, auf der Untersuchungsebene des Betriebs, beim manuellen Verladen zu einem signifikanten Anstieg des Verletzungsrisikos im Sinne eines Hämatoms am Flügel. Auf der Untersuchungsebene „Schlachthof visuell“ war eine vergleichbare Tendenz für das Entstehungsrisiko eines Hämatoms am Flügel beim „manuellen Fang“ zu erkennen. Hier konnte bei einer längeren Gesamtverladedauer ein signifikant höheres Verletzungsrisiko hinsichtlich Hämatomen an den Beinen und dem Rumpf für den manuellen Fang festgestellt werden. Dies deutet möglicherweise auf eine zunehmende Ermüdung der Fänger hin. Infolge eines weniger sorgsamten Umgangs mit den Tieren kann es zu einem erhöhten Verletzungsrisiko bei länger andauernden Gesamtverladezeiten kommen. Beim „maschinellen Fang“ dagegen war auf der Untersuchungsebene des Betriebes kein Einfluss und auf der Untersuchungsebene „Schlachthof visuell“ ein gegensätzlicher Effekt zu erkennen. Generell ist jedoch festzustellen, dass die zum Teil sehr widersprüchlichen Ergebnisse möglicher Einflussfaktoren dafür sprechen, dass für eine genauere Aussage hierzu ein größerer Stichprobenumfang hinsichtlich der Zahl untersuchter Verladungen notwendig ist, um eindeutige Zusammenhänge erkennen zu können.

Beobachtungen während der Datenerhebung haben auch gezeigt, welche Bereiche der Fangmaschine vom Typ Apollo Generation 2 noch optimiert werden können. So stellt der Übergang der Tiere vom letzten Transportband in die Transportkiste einen kritischen Punkt und eine Gefahrenstelle für die Entstehung von Verletzungen dar. Grund hierfür ist, dass das hintere Ende des Sammelkopfes der Fangmaschine manuell auf die richtige Höhe der aktuell zu beladenden Schublade angepasst werden muss. Erfolgt dies unzureichend, beispielsweise durch Ablenkung des Personals, entsteht ein

Gefahrenpotenzial für Verletzungen. Eine Weiterentwicklung hinsichtlich einer automatisierten Anpassung des hintern Endes des Sammelkopfes auf die Höhe der aktuell zu beladenden Schublade würde eine Risikostelle für Verletzungen entschärfen.

Bezüglich des Vergleichs der drei Untersuchungsebenen wird eine höhere Entdeckungswahrscheinlichkeit für Verletzungen durch das software-gestützte Kamerasystem beobachtet. Ein Vorteil der kamera-basierten Erfassung ist, dass sehr hohe Stichprobenumfänge untersucht werden können. Jedoch ist zu beachten, dass die vorliegenden Daten der Auswertung der Kamera keine Unterscheidung prä- und postmortal entstandener Frakturen/Luxationen erlaubt.

Die Fangmaschine erlaubt eine konstante Qualität der Verladung, unabhängig von der physischen Konstitution der bedienenden Person. Des Weiteren ermöglicht die Fangmaschine die Verladung der Masthähnchen ohne direkten Kontakt zu dem Menschen und in einer aufrechten Körperhaltung. Infolge einer automatisierten Gewichtserfassung der aktuell verladenen Tiere, kann die Fangmaschine die Besatzdichte der Schubladen an das tatsächliche Gewicht der in dieser Situation verladenen Masthühner anpassen. Die Auswertung möglicher Einflussfaktoren und deren zum Teil sehr widersprüchlichen Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass das Verletzungsrisiko beim Verladen von Masthühnern ein komplexes Zusammenspiel einzelner Faktoren ist und nicht allein von der Wahl der Verlademethode abhängig ist.

VIII. ZUSAMMENFASSUNG

Verletzungsrisiko bei der Verladung von Masthühnern – „manueller Fang“ vs. „maschineller Fang“.

In der hier vorliegenden Arbeit wurde der maschinelle Fang mit der Fangmaschine Apollo Geneation 2 der Firma CMC Industries-Ciemmeclabdia, (Cazzago S. Martino, Italien) von Masthühnern mit dem zwei-beinigen manuellen Fang durch kommerzielle Fangkolonnen, anhand der Häufigkeit von Verletzungen und der Zahl an tot am Schlachthof angelieferten Tieren (Dead on Arrival, DOA) verglichen. Die Erfassung der Verletzungen und möglicher Einflussfaktoren erfolgte hierfür während 12 maschinellen und 12 manuellen Verladungen auf vier Untersuchungsebenen. Zunächst wurde bei jeder Herde eine Voruntersuchung zur Erfassung des Status vor Verladung durchgeführt. Es folgte eine weitere Untersuchung auf dem Betrieb direkt nach Verladung und zwei weitere Untersuchungen der entsprechenden Herde am Schlachthof. Hier wurden die Schlachtkörper visuell durch einen Tierarzt und mit Hilfe eines software-gestützten Kamerasystems untersucht. Anschließend folgten die Auswertung und der Vergleich der Häufigkeiten auf den jeweiligen Untersuchungsebenen und die Ermittlung der Entdeckungswahrscheinlichkeit einer Verletzung durch die jeweilige Untersuchungsmethode. Zusätzlich wurden mögliche Einflussfaktoren auf die Häufigkeit der detektierten Verletzungen, auf der Ebene der Untersuchung auf dem Betrieb und auf der Ebene der visuellen Untersuchung am Schlachthof ausgewertet. Unabhängig von der Verlademethode waren auf der Ebene der visuellen Untersuchung des Schlachtkörpers am Schlachthof Hämatome am Flügel mit durchschnittlich 5,57% (SD: 3,26; min: 1,29%; max: 11,33%) neben den Frakturen ohne Hämatom am Flügel (MW: 5,59%; SD: 2,67; min: 1,49%; max: 11,36%) die am häufigsten detektierte Verletzungsarten. Frakturen am Flügel mit Hämatom als Hinweis auf einen prämortalen Entstehungszeitpunkt, wurden mit durchschnittlich 2,89% (SD: 1,57; min: 0,37%; max: 5,17%) seltener beobachtet. Auf der Untersuchungsebene der Iris-Kamera zeigte sich ein etwas anderes Bild als auf den vorangegangenen Untersuchungsebenen. Hier wurden mit durchschnittlich 23,89% (SD: 6,16; min: 13,67%; max: 34,89%) Frakturen am Flügel wesentlich häufiger als alle anderen Verletzungsarten detektiert. Nur vereinzelt wurden Hämatome am Rumpf (MW: 1,59%; SD: 0,47; min: 0,75%; max: 3,04%) durch die Iris-Kamera erfasst. Betrachtet man die Verletzungsvariablen auf der Untersuchungsebenen der visuellen Untersuchung des Schlachtkörpers am Schlachthof nach Fangmethode getrennt, so reduzierte sich das Risiko für das Auftreten eines Hämatoms am Flügel um den Faktor 0,45 (95% UI: 0,28;

0,73), wurde eine Herde manuell statt maschinell verladen. Auch auf der Untersuchungsebene des Betriebs sowie des software-gestützten Kamerasystems war dieses Verletzungsrisiko (Hämatome am Flügel) beim manuellen Fang signifikant niedriger. Für das Verletzungsrisiko hinsichtlich einer schwerwiegenden Verletzung, im Sinne einer Fraktur oder Luxation, konnte auch auf der Untersuchungsebene „Schlachthof visuell“ kein signifikanter Unterschied zwischen den Verlademethoden festgestellt werden. Vergleicht man die Untersuchungsebenen anhand der Entdeckungswahrscheinlichkeit für eine Verletzung, so nimmt sie von der Untersuchung auf dem Betrieb über die visuelle Untersuchung am Schlachthof hin zur Iris-Kamera-basierten Untersuchung deutlich zu. Dabei muss aber berücksichtigt werden, dass die Iris-Kamera beim Erfassen der Frakturen/Luxationen nicht zwischen solchen mit Hämatom und solchen ohne Hämatom im umliegenden Gewebe unterscheidet. Bei der visuellen Untersuchung am Schlachthof wurden auch Frakturen ohne Hämatom im umliegenden Gewebe detektiert. Dabei war die Prävalenz der Frakturen/Luxationen ohne Hämatom im umliegenden Gewebe unabhängig von der Fangmethode mit durchschnittlich 5,59% (SD: 2,67; min: 1,49%; max: 11,36%) deutlich höher als die der Frakturen/Luxationen mit Hämatom im umliegenden Gewebe (MW: 2,89%; SD: 1,57; min: 0,37%; max: 5,17%). Hämatome dienen als Hinweis auf einen prämortalen Entstehungszeitpunkt. Die Ergebnisse der visuellen Untersuchung am Schlachthof zeigen somit, wie wichtig die Unterscheidung zwischen Frakturen mit und ohne Hämatom ist, um den Entstehungszeitpunkt einer entsprechenden Verletzung in prä- und postmortal einordnen zu können und somit als möglicherweise fangbedingte Verletzung zu betrachten sind. Es wird somit deutlich, dass für eine Beurteilung der Verladung selbst eine Untersuchung der Tiere auf dem Betrieb notwendig ist, da am Schlachthof höhere Verletzungsraten vorzufinden sind. Diese sind möglicherweise auf den Transport oder weitere Prozesse vor und während der Schlachtung zurückzuführen. Bei der Ermittlung möglicher Einflussfaktoren auf die Prävalenz der visuell am Schlachthof detektierten Verletzungen, abseits der Wahl der Fangmethode, hat sich ein sehr inhomogenes Bild, mit zum Teil sehr widersprüchlichen Ergebnissen gezeigt. Daraus ist zu schließen, dass es schwierig ist bei einer so großen Zahl an Faktoren konkret einzelne Einflussfaktoren und die Art ihres Einflusses zu bestimmen. Möglicherweise bedarf es hierfür wesentlich größere Stichprobenumfänge, um echte Einflüsse herausarbeiten zu können. Die hier vorliegende Studie zeigte, dass unabhängig von der Untersuchungsebene das Risiko für die Entstehung eines Hämatoms am Flügel bei maschinellen Fang mit der hier eingesetzten Fangmaschine höher war, verglichen mit dem manuellen zwei-beinigen Fang. Hingegen

konnte kein Unterschied im Risiko für die Entstehung schwerwiegender Verletzungen wie Frakturen oder Luxationen festgestellt werden. Die Auswertung möglicher Einflussfaktoren hat außerdem gezeigt, dass das Verletzungsrisiko nicht nur von der Wahl der Fangmethode abhängig ist. Der Vergleich der drei Untersuchungsebenen konnte zeigen, dass es bei der Bewertung des Verletzungsrisikos einer Fangmethode für Masthühner ganz erheblich auf die Methodik der Untersuchung ankommt. Um sichere Schlüsse ziehen zu können, ist eine genaue Definition untersuchter Verletzungsparameter sowie die Wahl des Untersuchungszeitpunktes unerlässlich und Voraussetzung für eine gute Vergleichbarkeit von Studienergebnissen.

IX. SUMMARY

Risk of injuries during loading of broilers – “Manuel Catching” vs. “Mechanical Catching”

In this study, the mechanical catching of broilers with the Apollo Generation 2 (CMC Industries-Ciommecalabria, Cazzago S. Martino; Italien) was compared with the manual two-leg catching method by commercial catching crews, with the focus on the prevalence of injuries and the number of Dead On Arrival (DOA). Therefore, the number of injuries and possible influencing factors were recorded within 12 mechanical and 12 manual loadings on four examination levels. Primarily, a pre-examination before loading was done on all flocks in order to determine the status of health and exclude previously present injuries. Directly after loading the main-examination on farm of two fully loaded containers was performed. Furthermore, two examinations of the respective flocks at the slaughter house were done (visually and by software-supported camera-system). Subsequently, an evaluation of these data sets and the comparison of the injury-prevalence on the different examination-levels were done, including the chance of detecting an injury on these different levels. Additionally, possible influencing factors for the prevalence of detected injuries on the farm level and also on the level of visually examination on slaughter house was included in the analysis. Regardless of the loading method, at the level of visual examination of the carcasses at the slaughterhouse, hematomas on the wing were the most frequently detected type of injury, averaging 5.57% (SD: 3.26; min: 1.29%; max: 11.33%) followed by fractures without hematomas on the wing (MW: 5.59%; SD: 2.67; min: 1.49%; max: 11.36%). Fractures on the wing with hematoma, as an indication of a pre-mortem genesis, were observed less frequently with an average of 2.89% (SD: 1.57%; min: 0.37%; max: 5.17%). On the examination level of the software-supported camera-system, a different distribution compared with the previous examination-levels was observed. With an average of 23.89% (SD: 6.16; min: 13.67%; max: 34.89%) fractures of the wing were detected more frequently than all other types of injuries. Most rarely, hematomas on the body (MW: 1.59%; SD: 0.47; min: 0.75%; max: 3.04%) were detected by the camera. Considering the different types of injuries at the visual examination level of the carcass at the slaughterhouse, for both catching methods separately, the risk of the occurrence of a hematoma on the wing was reduced by a factor of 0.45 (95% UI: 0.28; 0.73) if a flock was loaded manually. Similar observations were done at the examination level on farm. Regarding the risk of serious injuries, such as fractures or luxations, no significant difference between the two catching

methods on the visual examination level at the slaughterhouse was observed. Comparing the chance of detection of injuries on the different examination levels, a clear increase from the examination on farm, visual examination of the carcasses to the examination of carcasses based on a software-supported camera-system was observed. However, it must be considered that the camera does not make a difference when detecting those fractures with hematoma and those without hematoma. During the visual examination at the slaughterhouse, fractures without hematoma in the surrounding tissue were observed. The prevalence of fractures/luxation without hematoma in the surrounding tissue was observed with an average of 5.59% (SD: 2.67; min: 1.49%; max: 11.36%), independent of the catching method. Thus, fractures without hematoma were significantly more often observed than fractures or luxations with hematoma in the surrounding tissue (MW: 2.89%; SD: 1.57; min: 0.37%; max: 5.17%). The hematoma can be used as an indication of a pre-mortal time of origin. Therefore, the results of the visual examination at the slaughterhouse underlined the importance of differentiation between fractures with and without hematoma, in order to be able to classify the time of origin of a corresponding injury in pre- and postmortem and thus to evaluate the actual injuries as consequence of loading. Furthermore, the results suggest that an examination of the broilers on farm is necessary to evaluate the quality of the loading. If examinations take place at slaughter, further processes such as transport and stunning can influence the occurrence of injuries. The determination of possible factors influencing the prevalence of injuries detected visually at the slaughterhouse, other than the loading method, had shown a very inhomogeneous picture, with partly inconsistent results. Therefore, it can be concluded that regarding the large number of factors included in the analysis, it is difficult to determine specific individual influencing factors and the nature of their influence. It is possible that a much larger sample size may be required to determine the influences. The present study showed that, regardless of the level of examination, the risk of developing a hematoma on the wing was higher during mechanical catching with the machine used, compared to the manual two-leg catching method. On the other hand, no difference in the risk of serious injuries such as fractures or luxations was observed. The evaluation of possible influencing factors has shown that the risk of injuries does not only depend on the choice of the catching method. The comparison of the three levels of examination showed that the method of the investigation is very important if the risk of injuries is used to evaluate the quality of a catching method for broilers. In order to validate conclusions, a precise definition of the investigated injury parameters as well as the choice of the time

of examination is essential and a prerequisite for a good comparability of the results of studies.

X. ERWEITERTES LITERATURVERZEICHNIS

ADZITEY, F. (2011): Mini Review Effect of pre-slaughter animal handling on carcass and meat quality. *International Food Research Journal* 18, 485-491.

ALI, A. S. A., LAWSON, M. A., TAUSON, A., FRIS JENSEN, J., CHWALIBOG, A. (2007): Influence of electrical stunning voltages on bleed out and carcass quality in slaughtered broiler chickens. *Archiv Geflügelkunde* 71, 35-40.

BAUMGARTE, J. (2014): Welche Erwartungen und Anforderungen werden an ein Indikatorensystem im Zusammenhang mit § 11 Absatz 8 Tierschutzgesetz aus Sicht eines Ministeriums geknüpft? KTBL-Fachgespräch „Indikatoren zur Beurteilung der Tiergerechtheit“ Einsatzzweck „betriebliche Eigenkontrolle“ Kassel, 7. und 8. Mai 2014.

BAYLISS, P. A., HINTON, M. H. (1990): Transportation of broilers with special reference to mortality rates. *Applied Animal Behaviour Science* 28, 93-118.

BIANCHI, M., PETRACCI, M., CAVANI, C. (2005): Effects of transport and lairage on mortality liveweight loss and carcass quality in broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science* 4, 516-518.

BILGILI, S. F. (1992): Electrical stunning of broilers – basic concepts and carcass quality implications: A Review. *Journal of Applied Poultry Research* 1, 135-146.

CAFFREY, N. P., DOHOO, I. R., COCKRAM, M. S. (2017): Factors affecting mortality risk during transportation of broiler chickens for slaughter in Atlantic Canada. *Preventive Veterinary Medicine* 147, 199-208.

CHAO, K., CHEN, Y. R. and CHAN, D. E. (2003): Analysis of Vis/NIR spectral variations of wholesome, septicemia, and cadaver chicken samples. *Applied Engineering in Agriculture* 19, 453-458.

CHAO, K., YANG, C-C., KIM, M. S. (2011): LINE-SCAN SPECTRAL IMAGING SYSTEM FOR ONLINE POULTRY CARCASS INSPECTION. *Journal of Food Process Engineering* 34, 125-143.

CHAUVIN, C., HILLION, S., BALAINE, L., MICHEL, V., PERASTE, J., PETETIN, I., LUPO, C., BOUQUIN LE, S. (2011): Factors associated with mortality of broilers during transport to slaughterhouse. *Animal* 5, 287-293.

- COCKRAM, M. S., DULAL, K. J. (2018): Injury and mortality in broilers during handling and transport to slaughter. *Canadian Journal of Animal Science* 98, 416-432.
- DE KONING, K., GERRITS, A. R., MIGCHELS, A. (1987): Mechanized Harvesting and transport of Broilers. *Journal of Agricultural Engineering Research* 38, 105-111.
- ELSAYED, M. A. (2014): Effects of Length of Shipping Distance and Season of the Year Temperature Stress on Death Rates and physiological Condition of Broilers on Arrival to Slaughterhouse. *Journal of Nuclear Technology in Applied Science* 2, 453-463.
- EUROPARAT (2005) Verordnung (EG) Nr. 1/2005 des Rates vom 22. Dezember 2004 über den Schutz von Tieren beim Transport und damit zusammenhängenden Vorgängen sowie zur Änderung der Richtlinien 64/432/EWG und 93/119/EG und der Verordnung (EG) Nr. 1255/97.
- FREITAS, A. S., CARVALHO, L. M., SOARES, A. L., NETO S de, A. C., MADRUGA, M. S., CARVALHO, R. H., IDA, E. I., SHIMOKOMAKI, M. (2016): Research Article Simultaneous Occurrence of Broiler Chicken Hyper and Hypothermia In-transit and Lairage and Dead on Arrival (DOA) Index Under Tropical Climate. *International Journal of Poultry Science* 15, 459-466.
- GOCKE, A. (2000): Untersuchung über den Einsatz einer Hühnerfangmaschine in Mastbetrieben in Norddeutschland. INAUGURAL-DISSERTATION zur Erlangung des Grades eines DOCTOR MEDICINAE VETERINARIAE, Tierärztliche Hochschule Hannover.
- GOUVEIA, K. G., VAZ-PIRES, P., MARTINS DA COSTA, P. (2009): Welfare assessment of broilers through examination of haematomas, foot-pad dermatitis, scratches and breast blisters at processing. *Animal Welfare* 18, 43-48.
- HAL TAYLOR, M. H., HELBACKA, N. V. L. (1968): Field Studies of Bruised Poultry. *Poultry Science* 47, 1166-1169.
- HAMDY, M. K., MAY, K. N., FLANAGAN, W. P., POWERS, J. J. (1961): Determination of the Age of Bruises in Chicken Broilers. *Poultry Science* 40, 787-789.
- HANSEN, A., HERZFELD, T., THIELE, H. D. (2006): Die Märkte für Vieh und Fleisch. *Agrarwirtschaft* 55, 51-68.
- HASLAM, S. M., KNOWLES, T. G., BROWN, S. N., WILKINS, L. J., KESTIN, S. C., WARRISS, P. D., NICOL, C. J. (2008): Prevalence and factors associated with it, of birds

dead on arrival at the slaughterhouse and other rejection conditions in broiler chickens. *British Poultry Science* 49, 685-696.

JACOBS, L., DELEZIE, E., DUCHATEAU, L., GOETHALS, K., TUYTTENS, F. A. M. (2017a): Broiler chickens dead on arrival: associated risk factors and welfare indicators. *Poultry Science* 96, 259-265.

JACOBS, L., DELEZIE, E., DUCHATEAU, L., GOETHALS, K., TUYTTENS, F. A. M. (2017b): Impact of the separate pre-slaughter stages on broiler chicken welfare *Poultry Science* 96, 266-273.

JONES, R. B., SATTERLEE, D. G., CADD, G. G. (1998): Struggling responses of broiler chickens shackled in groups on a moving line: effects of light intensity, hoods, and 'curtains'. *Applied Animal Behaviour Science* 58, 341-352.

JOSEPH, P., SCHILLING, M. W., WILLIAMS, J. B., RADHAKRISHNAN, V., BATTULA, V., CHRISTENSEN, K., VIZZIER-THAXTON, Y., SCHMIDT, T. B. (2013): Broiler stunning methods and their effects on welfare, rigor mortis, and meat quality. *World's Poultry Science Journal* 69, 99-112.

KETTLEWELL, P. J., MITCHELL, M. A. (1994): Catching, handling and loading of poultry for road transportation. *World's Poultry Science Journal* 50, 54-56.

KITTELSEN, K. E., GRANQUIST, E. G., KOLBJØRNSEN, Ø., NAFSTAD, O., MOE, O. (2015): A comparison of post-mortem findings in broilers dead-on-farm and broilers dead-on-arrival at the abattoir. *Poultry Science* 94, 2622-2629.

KITTELSEN, K. E., MOE, R. O., HOEL, K., KOLBJØRNSEN, Ø., NAFSTAD, O., GRANQUIST, E. G. (2017): Comparison of flock characteristics, journey duration and pathology between flocks with a normal and a high percentage of broilers 'dead-on-arrival' at abattoirs. *Animal* 11, 2301-2308.

KNIERIM, U., GÖCKE, A. (2003): Effect of catching broilers by hand or machine on rates of injuries and dead-on-arrivals. *Animal Welfare* 12, 63-73.

LACY, M. P., CZARICK, M. (1998): Mechanical Harvesting of Broilers. *Poultry Science* 77, 1794-1797.

LANGKABEL, N., BAUMANN, M. P. O., FEILER, A., SANGUANKIAT, A., FRIES, R. (2015): Influence of two catching methods on the occurrence of lesions in broilers. *Poultry Science* 94, 1735-1741.

- LUND, V. P., KYVSGAARD, N. C., CHRISTENSEN, J. P., BISGAARD, M. (2013): Pathological manifestations observed in dead-on-arrival broilers at a Danish abattoir. *British Poultry Science* 54, 430-440.
- MUSILOVÁ, A., KADLČÁKOVÁ, V., LICHOVNÍKOVÁ, M. (2013): The effect of broiler catching method on quality of carcasses. *Mendel Net*, 251-255.
- NICOL, C. J., SCOTT, G. B. (1990): Pre-slaughter handling and transport of broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science* 28, 27-73.
- NIJDAM, E., ARENS, P., LAMBOOIJ, E., DECUYPERE, E., STEGEMAN, J. A. (2004): Factors Influencing Bruises and Mortality of Broilers During Catching, Transport, and Lairage. *Poultry Science* 83, 1610-1615.
- NIJDAM, E., DELEZIE, E., LAMBOOIJ, E., NABUURS, M. J. A., DECUYPERE, E., STEGEMAN, J. A. (2005): Comparison of bruises and mortality, stress parameters, and meat quality in manually and mechanically caught broilers. *Poultry Science* 84, 467-474.
- NIJDAM, E., ZAILAN, A. R. M., ECK VAN, J. H. H., DECUYPERE, E., STEGEMAN, J. A. (2006): Pathological features in dead on arrival broilers with special reference to heart disorders. *Poultry Science* 85, 1303-1308.
- NORTHCUTT, J. K., BUHR, R. J., ROWLAND, G. N. (2000): Relationship of broiler bruise age appearance and tissue histological characteristics. *Journal of Applied Poultry Research* 9, 13-20.
- OBA, A., ALMEIDA DE, M., PINHEIRO, J. W., IDA, E. I., MARCHI, D. F., SOARES, A. L., SHIMOKOMAKI, M. (2009): The Effect of Management of transport and Larage Conditions on Broiler Chicken Breast Meat Quality and DOA (Death on Arrival). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52, 205-211.
- PREISINGER, R. (2005): Entwicklung, Stand und Perspektiven der Geflügelproduktion. *Eugen Ulmer KG, Stuttgart, Züchtungskunde* 77, 502-507.
- PETRACCI, M., BIANCHI, M., CAVANI, C., GASPARI, P., LAVAZZA, A. (2006): Preslaughter Mortality In Broiler Chickens, Turkeys, and Spent Hens under Commercial Slaughtering. *Poultry Science* 85, 1660-1664.
- RAJ, A. B. M., WILKINS, L. J., RICHARDSON, R. I., JOHNSON, S. P., WOTTON, S. B. (1997): Carcase and meat quality in broilers either killed with a gas mixture or stunned

with an electric current under commercial processing conditions. *British Poultry Science* 38, 169-174.

RAMAKRISHNAN, C., BABU, R. N., RAO, V. A., ABRAHAM, R. J., GNANARAJ, P. T., RUBAN, S. W., BHASKAR, K. (2018): Economic loss due to live weight shrinkage and mortality during broiler transport in summer and winter season in Chennai city. *International Journal of Chemical Studies* 6, 816-819.

RITZ, C. W., WEBSTER, A. B., CZARICK, M. (2005): Evaluation of Hot Weather Thermal Environment and Incidence of Mortality Associated with Broiler Live Haul. *Journal of Applied Poultry Research* 14, 594-602.

THOBE, P., SCHICKRAMM, L., CHIBANDA, C. (2019): Steckbrief zur Tierhaltung in Deutschland: Mastgeflügel. Thünen Working Paper, 1-15.

TierSchG (2006): "Tierschutzgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 18. Mai 2006 (BGBl. I S. 1206, 1313), das zuletzt durch Artikel 280 der Verordnung vom 19. Juni 2020 (BGBl. I S. 1328) geändert worden ist.

UIJTENBOOGAART, T. G., PIETERSE, C. (1999): Automatic Quality Control of Broiler Chickens: Possibilities and Limitations. *Simpósio Internacional sobre Tecnologia de Processamento e Qualidade da Carne de Aves, Embrapa Suínos e Aves. Documentos* 58, 92-96.

VECEREK, V., GRBALOVA, E., VOSLAROVA, E., JANACKOVA, B., MALENA, M. (2006): Effects of Travel Distance and the Season of the Year on Death Rates of Broilers Transported to Poultry Processing Plants. *Poultry Science* 85, 1881-1884.

WELFARE QUALITY® (2009): Welfare Quality® assessment protocol for poultry (broilers, laying hens). Welfare Quality® Consortium, Lelystad, Netherlands.

WARRISS, P. D., PAGAZAURTUNDUA, A., BROWN, S. N. (2005): Relationship between maximum daily temperature and mortality of broiler chickens during transport and lairage. *British Poultry Science* 46, 647-651.

WHITING, T. L., DRAIN, M. E., RASALI, D. P. (2007): Warm weather transport of broiler chickens in Manitoba. II Truck management factors associated with death loss in transit to slaughter. *Canadian Veterinary Journal* 48, 148-154.

WINDHORST, H. W. (2020): Organisationsformen in der Geflügelhaltung. Stiftung Tierärztliche Hochschule Hannover. Wissenschaft und Innovation für Nachhaltige Geflügelwirtschaft (WING), Stand 2013, 1-4.

WOLFF, I., KLEIN, S., RAUCH, E., ERHARD, M., MÖNCH, J., HÄRTLE, S., SCHMIDT, P., LOUTON, H. (2019): Harvesting-induced stress in broilers: Comparison of a manual and a mechanical harvesting method under field conditions. Applied Animal Behaviour Science, <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2019.104877>.

XI. ANHANG

1. Abbildungsverzeichnis

1.1. Abbildungen aus den Kapiteln

<i>Abbildung 1: Fraktur am Flügel eines Schlachtkörpers, ohne Hämatom im umliegenden Gewebe (links), mit Hämatom im umliegenden Gewebe (rechts). (Fotos: Louton).....</i>	<i>29</i>
<i>Abbildung 2: Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Verletzung, visuell detektiert durch die Untersuchungsperson am Schlachtband sowie die daraus resultierende Odds Ratio (FM = „Maschineller Fang“; MA = „Manueller Fang“).</i>	<i>53</i>
<i>Abbildung 3: Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Verletzung, detektiert durch die Iris-Kamera des Schlachthofs sowie die daraus resultierende Odds Ratio (FM = „Maschineller Fang“; MA = „Manueller Fang“).</i>	<i>54</i>
<i>Abbildung 4: Entdeckungswahrscheinlichkeit und 95% Unsicherheitsintervall der untersuchten Verletzungen auf den drei Untersuchungsebenen, nach Fangmethode getrennt.....</i>	<i>57</i>
<i>Abbildung 5: Einflussfaktoren für die Häufigkeit der am Schlachtkörper visuell erfassten Verletzungen (FM = „Maschineller Fang“; MA = „Manueller Fang“).</i>	<i>60</i>

1.2. Abbildungen und Tabellen in den bereits publizierten Ergebnissen (Kapitel IV)

<i>Table 1: Facts about climatic circumstances, general conditions and dead on arrival (DOA) rates of the loadings (12 manual and 12 977 mechanical loadings); n/a = not applicable.....</i>	<i>34</i>
<i>Table 2: Climatic and general circumstances and conditions with respective definitions assessed 980 at each of the 24 loadings.....</i>	<i>35</i>
<i>Table 3: Assessed variables before and after loading. Number of assessed broilers per loading: 983 200 before loading, on average 478 after mechanical, on average 482 after manual loading; all 984 broilers were randomly selected, broilers assessed before and after loading were not necessarily 985 the same animals; HoWI = hematoma on wing (including HoWIT and HoWIpWIT), HoWIT = 986 hematoma on wing tip, HoWIpWIT = hematoma on wing proximal to wing tip, HoBODY = 987 hematoma on body, HoLEG =</i>	

hematoma on leg, SWI = severe wing injury, EPloH = 988 epiphysiolysis on humerus;
n/a = not applicable 36

Table 4: Average percentages of injuries observed at assessments before and after
loading and odds ratios (OR) for manual versus 994 mechanical catching; n = 24
loadings, total of 5,788 assessed broilers for manual loading, total of = 5,709 assessed
broilers for 995 mechanical loading; HoWI = hematoma on wing (including HoWIT and
HoWIpWIT), HoWIT = hematoma on wing tip, HoWIpWIT 996 = hematoma on wing
proximal to wing tip, HoBODY = hematoma on body, HoLEG = hematoma on leg, SWI
= severe wing injury 997 (fracture or luxation; including epiphysiolysis on humerus),
EPloH = epiphysiolysis on humerus, AV = average, SD = standard 998 deviation, Coef
= coefficient, CI = confidence interval, n/a = not applicable 37

Table 5.: Determining factors for the dead on arrival (DOA) rate; n = 24 loadings, OR
= odds ratio, CI = confidence interval..... 41

Fig. 1: Difference of actual to target stocking rate in loaded container drawers (X-axis)
and distribution of the 381 investigated drawers (Y-axis) after mechanical and manual
catching. 38

Fig. 2a: Relationship of loading speed (animals per hour) to catching duration per animal
(seconds) ($r = 0.10 [-0.51; 0.63]$ for manual catching and $r = -0.43 [-0.83; 0.27]$ for
mechanical catching)..... 39

Fig. 2b: Relationship of total loading duration (hours) to loading speed (animals per
hour) ($r = 0.41 [-0.21; 0.80]$ for manual catching and $r = -0.21 [-0.74; 0.48]$ for
mechanical catching)..... 39

Fig. 2c: Relationship of total loading duration (hours) to catching duration per animal
(seconds) ($r = -0.19 [-0.69; 0.43]$ for manual catching and $r = 0.27 [-0.43; 0.77]$ for
mechanical catching)..... 39

Fig. 2d: Relationship of total loading duration (hours) to number of animals being loaded
($r = 0.97 [0.90; 0.99]$ for manual catching and $r = 0.99 [0.95; 1.00]$ for mechanical
catching)..... 39

Fig. 2e: Relationship of total loading duration (hours) to number of working people per
10,000 broilers ($r = -0.89 [-0.97; -0.66]$ for manual catching and $r = -0.95 [-0.99;$
 $-0.78]$ for mechanical catching)..... 39

Fig. 3: Odds ratios and estimated effects with 95% confidence intervals (bars) for the occurrence of injuries during loading for the mechanical (Mech, circles) and the manual (Man, triangles) catching method (total n = 24 loadings). HoWI = hematoma on wing (including HoWIT and HoWIpWIT), HoWIT = hematoma on wing tip, HoWIpWIT = hematoma on wing proximal to wing tip, EPIoH = epiphysiolysis on humerus, SWI = severe wing injury (fracture or luxation; including epiphysiolysis on humerus).....40

Fig. 4: Odds ratios and estimated effects with 95% confidence intervals (bars) for the occurrence of epiphysiolysis on either side of the body during loading with the mechanical (Mech, circles) and the manual (Man, triangles) catching method (total n = 24 loadings).....42

XII. ABKÜRZUNGEN

DOA	Dead on Arrival
EU	Europäische Union
FM	„Maschineller Fang“
HU	Hauptuntersuchung
LKW	Lastkraftwagen
MA	„Manueller Fang“
max	Maximalwert
min	Minimalwert
MW	Mittelwert
OR	Odds Ratio
SD	Standard Deviation/Standardabweichung
S-Hof_vis	Schlachthof_visuell
S-Hof_Iris	Schlachthof_Iris-Kamera
UI	Unsicherheitsintervall
vs.	versus
VU	Voruntersuchung

XIII. DANKSAGUNG

Zunächst einmal gilt mein besonderer Dank Herrn Prof. Dr. Dr. Michael Erhard, für die Ermöglichung meiner Dissertation am Lehrstuhl für Tierschutz, Verhaltenskunde, Tierhygiene und Tierhaltung. Auch für die Unterstützung bei der Umsetzung möchte ich mich herzlich bei Ihnen bedanken.

Außerdem bedanke ich mich bei Prof. Dr. Helen Louton, PD Dr. Elke Rauch und Dr. Sandrina Hartmannsgruber für die Unterstützung bei der Erhebung der Daten, sowie deren Verarbeitung und Interpretation. Vielen Dank – die zahlreichen guten fachlichen Anregungen und Vorschläge haben diese Arbeit im höchsten Maße positiv beeinflusst.

Bei meiner Kollegin Dr. Inga Wolff möchte ich mich für die konstruktive Zusammenarbeit bei der Datenerhebung und die guten Unterhaltungen auf den oft nächtlichen An- und Abfahrten zu den Betrieben bedanken. Bei Angela Schug bedanke ich mich für die Überlassung ihrer Daten und die wertvollen Anregungen zur Gestaltung der in dieser Dissertation enthaltenen Publikation.

Dr. Paul Schmidt möchte ich Danke sagen für seine unermüdliche Unterstützung bei der statistischen Auswertung der Daten und für die Hilfe bei allen auftretenden Fragen und Unklarheiten. Für die Übersetzung und das Lektorat mit wertvollen Anmerkungen zur Verbesserung meiner Publikation möchte ich mich bei Frau Dr. Verena Lietze bedanken. Ein besonderer Dank gilt auch Herrn Martin Gotthart für seine Unterstützung bei der Auswahl geeigneter Herden sowie der Kommunikation mit den Landwirten und nicht zuletzt für die tatkräftige Unterstützung bei der Datenerhebung selbst. Auch an Herrn Dr. Josef Bachmeier geht ein besonderer Dank für seinen erheblichen Beitrag zum Gelingen dieses Projektes. Den Mitarbeitern des Schlachthofes möchte ich ein herzliches Dankeschön aussprechen für die Unterstützung bei der Erhebung wichtiger Daten zur Tiergesundheit am Schlachthof und für die Bereitstellung selbst erhobener Daten.

Nicht zu vergessen sind außerdem all diejenigen, die die Durchführung dieses Projektes überhaupt erst möglich gemacht haben. Dazu gehört als aller erstes das Verladepersonal (Fänger der Fangkolonnen und das bedienende Personal der Fangmaschine) aber auch die Landwirte auf deren Betriebe die Untersuchungen stattgefunden haben. Ohne ihr Einverständnis wäre die Datenerhebung während der Verladungen auf den Betrieben und somit ein erheblicher Anteil der Studie nicht möglich gewesen.

Bei Gabriele Paprocki möchte ich mich bedanken für das Korrekturlesen, die wertvollen Anregungen für die Ausformulierung dieser Dissertation und die Geduld bei der Beantwortung meiner zahlreichen Fragen. Vielen Dank – Gabi!

Am Ende bleibt mir noch der ganz besondere Dank an all diejenigen, die mir auch in meinen finstersten Stunden Mut machen. Menschen, ohne die ich nicht an dem Punkt im Leben stehen würde, an dem ich heute angekommen bin. Danke, für dieses Geschenk!

Ein Projekt – gefordert durch das Bayerische Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz und vom Bayerischen Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit finanziell unterstützt.